Федеральное агентство научных организаций
Российский фонд фундаментальных исследований
Южный научный центр Российской академии наук
Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук
Мурманский морской биологический институт
Кольского научного центра Российской академии наук
Кафедра океанологии Южного федерального университета
ООО «Аламед»

ПАМЯТИ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН
Д.Г. МАТИШОВА

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЧЕЛОВЕК

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Материалы международной
научной конференции
и молодежной научной конференции

г. Ростов-на-Дону, Россия
5–8 сентября 2016 г.

Ростов-на-Дону
2016

УДК 591.5:574/577
О515

Редакционная коллегия:
академик Г.Г. Матишов (главный редактор), д.б.н. П.Р. Макаревич, д.г.н. С.В. Бердников, д.б.н. Е.В. Вербицкий, д.б.н. В.А. Тарасов, к.т.н. О.Е. Архипова, к.б.н. О.В. Степаньян, к.б.н. Н.И. Булышева, к.б.н. А.И. Ермолаев, к.г.н. А.Р. Йошпа, к.б.н. Г.В. Ковалева, к.б.н. В.В. Стахеев, В.Ю. Шматко

О515 **Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии:** материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, Россия, 5–8 сентября 2016 г.) / [гл. ред. акад. Г.Г. Матишов]. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. – 592 с. [цв. ил.]. – ISBN 978-5-4358-0136-1.

Сборник посвящен памяти чл.-корр. РАН Дмитрия Геннадьевича Матишова, известного в стране и за рубежом специалиста в области морских наук, одного из основателей радиационной экологической океанологии. Представлены материалы докладов ученых, аспирантов и студентов международной научной конференции «Окружающая среда и человек» и молодежной научной конференции «Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии». Сборник содержит результаты исследований по ключевым направлениям, наиболее актуальным в мировой науке: глобальные и региональные эффекты изменения климата; проблемы изучения и освоения Мирового океана; проблемы сохранения и использования водных ресурсов; трансформация биоты под влиянием природных процессов и радиоактивного загрязнения; современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии; моделирование гидрологических процессов в Азовском море и прогнозирование опасных природных явлений; новые биомедицинские технологии в диагностике и лечении экологозависимых заболеваний.

Издание представляет интерес для широкого круга исследователей: географов, океанологов, экологов, биологов, генетиков, медиков, селекционеров, специалистов по мониторингу окружающей среды, представителей природоохранных организаций, а также для студентов и преподавателей высшей школы.

УДК 591.5:574/577

Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 16-34-10338 мол_г; Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках соглашения № 14.607.21.0099 «Идентификация и разработка маркеров для прогнозирования клинически агрессивных форм рака предстательной железы (уникальный идентификатор прикладных научно-экспериментальных исследований RFMEFI 60714 X 0099)», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»

Редколлегия не несет ответственности за недостоверность приводимой авторами информации.
Материалы опубликованы с максимальным сохранением авторской редакции

ISBN 978-5-4358-0136-1

© ЮНЦ РАН, 2016
© ИАЗ ЮНЦ РАН, 2016
© ММБИ КНЦ РАН, 2016

Federal Agency for Scientific Organizations
Russian Foundation for Basic Research
Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
Institute of Arid Zones of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
Murmansk Marine Biological Institute of the Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
Department of Oceanology of the Southern Federal University
JSC «Alamed»

IN MEMORY OF CORRESPONDING-MEMBER RAS
D.G. MATISHOV

ENVIRONMENT AND A HUMAN BEING

CURRENT PROBLEMS OF GENETICS, SELECTION AND BIOTECHNOLOGIES

Proceedings of International Scientific Conference and Youth Scientific Conference

Rostov-on-Don, Russia
5–8 September 2016

Rostov-on-Don
2016

UDC 591.5:574/577
E58

Editorial Board:
Academician RAS G.G. Matishov (Editor-in-Chief), Dr (Biology) P.R. Makarevich, Dr (Geography) S.V. Berdnikov, Dr (Biology) E.V. Verbitsky, Dr (Biology) V.A. Tarasov, PhD O.E. Arkhipova, PhD O.V. Stepan'yan, PhD N.I. Bulysheva, PhD A.I. Ermolaev, PhD A.R. Yoshpa, PhD G.V. Kovaleva, PhD V.V. Stakheev, V.Yu. Shmatko

(2016) Environment and a Human Being. Current Problems of Genetics, Selection, and
E58 Biotechnologies. Proceedings of the International Scientific Conference and Youth Scientific Conference in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov (Rostov-on-Don, Russia, 5–8 September 2016). [Editor-in-Chief Academician G.G. Matishov]. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers. 592 p. [with coloured figures] (in Russian)

ISBN 978-5-4358-0136-1

The proceedings are devoted to the memory of Corresponding Member RAS Dmitry Gennadyevich Matishov, a nationally and internationally known expert in marine sciences, one of the founders of radiation ecological oceanology. The materials of presentations made by researchers, PhD students and students at the International Scientific Conference «Environment and a Human Being» and the Youth Scientific Conference «Current Problems of Genetics, Selection, and Biotechnologies» are given. The collection contains the results of studies within the key directions of urgency for the world science: global and regional effects of climate change; exploration and exploitation of the World Ocean; water resources' conservation and exploitation problems; transformation of biota under the influence of natural processes and radioactive contamination; current problems of genetics, selection, and biotechnologies; modelling of hydrological processes in the Sea of Azov and forecast of dangerous natural phenomena; new biomedical technologies in ecology-dependent diseases' diagnostics and treatment.

The publication may be of interest for a wide range of experts: geographers, oceanologists, ecologists, biologists, geneticists, medical men, selectionists, environmental monitoring specialists, representatives of nature protection organizations, as well as students and teachers of higher educational establishments.

UDC 591.5:574/577

The event was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project № 16-34-10338 mol_g; Ministry of Education and Science of the Russian Federation within Agreement № 14.607.21.0099 «Identification and development of markers to forecast clinically aggressive forms of prostate cancer (Unique Identifier of Applied Scientific-Experimental Research RFMEFI 60714 X 0099)», FTP «Research and Development within the Priority Directions of Advancement of Scientific-Technological Complex of Russia for 2014–2020»

The Editorial Board does not bear any responsibility for the unreliability and inaccuracy of information given by the authors. Proceedings have been published preserving the authors' wording as much as possible

ISBN 978-5-4358-0136-1

© SSC RAS (2016)
© IAZ SSC RAS (2016)
© MMBI KSC RAS (2016)

ПРЕДИСЛОВИЕ (ПОСЛЕСЛОВИЕ)

Предисловие к сборнику трудов, а фактически, по сути – послесловие,
посвящено пятидесятилетию отечественного океанолога,
члена-корреспондента Российской академии наук
Дмитрия Геннадьевича Матишова.
Юбилею не суждено было сбыться при жизни.

Отечественная и мировая наука, общество потеряли крупную научную фигуру. Д.Г. Матишов (1966–2015) входит в плеяду отечественных океанологов, которые относительно молодыми, на пике своего творчества ушли из жизни: морской геолог, проф. Панов Дмитрий Геннадьевич (1909–1965), гидрофизик, член-корреспондент Федоров Константин Николаевич (1927–1988), геоморфолог, проф. Канаев Виктор Филиппович (1923–1974).



Дмитрий Геннадьевич ПАНОВ (1909–1965)



Константин Николаевич ФЕДОРОВ (1927–1988)



Виктор Филиппович КАНАЕВ (1923–1974)



Дмитрий Геннадьевич МАТИШОВ (05.09.1966–20.08.2015)

С морской стихией, водами океана Дмитрий Геннадьевич познакомился очень рано. С первых лет жизни в Ростове-на-Дону он приобщался к поездкам по Приазовью – поселок Кагальник, хутор Донской. В школьные годы, уже будучи жителем Мурманска – заполярного города на берегу Кольского залива, посещал Мурманский морской биологический институт в Дальних Зеленцах на Баренцевом море. Возникло желание поступить на биофак Ленинградского госуниверситета. Первая попытка была неудачной. На следующий год поступил на геофак ЛГУ, кафедру океанологии, заведующим которой был академик А.В. Трёшников.





После окончания Ленинградского госуниверситета стажировался по направлению «радиационная океанология» в Университете М. Склодовской-Кюри в Люблине (Польша), в Институте полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Германия), Агентстве радиационной и атомной безопасности (Финляндия), Центре океанографических исследований г. Киля (Германия), на германском научном ледоколе «Поларштерн», в радиоэкологической лаборатории МАГАТЭ в Монако. Приобретенные научные связи и широкая эрудиция в области морских наук способствовали приданию в учебном процессе на организованной им кафедре океанологии международного импульса.

Дмитрий Геннадьевич вырос в академической среде. Еще в студенческие и аспирантские годы он имел возможность общаться, советоваться с выдающимися людьми науки – академиками О.А. Скарлато, А.В. Жирмунским, М.Е. Виноградовым, А.Ф. Трёшниковым, Ю.А. Израэлем, А.А. Саркисовым, Г.В. Смирновым и многими другими мореведами и океанографами. В последующие годы он работал, ходил в экспедиции вместе с известными во всем мире морскими радиохимиками: Г. Нисом (H. Nies), П. Страндом (P. Strand), Е. Щипой (J. Szczypa), Дж. Смитом (J. Smith), К. Риссанен (K. Rissanen), Дж. Кэррол (I. Carroll)и др.

Океанология – живая, стремительно развивающаяся наука. В эпоху перестройки и гласности Дмитрия Геннадьевича увлекла радиационная экологическая океанология. Он был пионером очень многих направлений. Его труды получили признание среди европейских и американских ученых.

Как научный сотрудник и заведующий лабораторией Мурманского морского биологического института участвовал в экспедициях на Шпицберген, Землю Франца-Иосифа, Северный полюс, в Баренцево и Карское моря, в Северную Атлантику. На Новой Земле работал на ядерном полигоне в губе Чёрная, в районе гибели АПЛ «Курск» руководил специальными работами. В издательстве "Springer" опубликована книга "Radioecology in Northern European Seas".

Впервые на объемной базе данных широкой географической и таксономической представленности Дмитрием Геннадьевичем была изучена радиоактивность арктических и субарктических морских экосистем, что позволило обосновать новое научное направление – радиационную экологическую океанологию. Положено начало исследованию реальных уровней содержания искусственных радионуклидов в среде и биоте заливов и губ (Кольский, Чёрная, Западная Лица), имеющих радиационно опасные объекты. Представлена классификация прибрежных морских акваторий (заливы, губы, фьорды) по степени загрязнения донного осадка радионуклидами. Раскрыта важная роль биофильтра пелагиали и прибрежья в процессе самоочищения водоемов и перехода радионуклидов из воды в донные отложения.

В работах Дмитрия Геннадьевича первые определены уровни аккумуляции ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239,\ 240}Pu$ в различных видах и популяциях морских организмов, особенности миграции радиоизотопов по трофическим цепям – от макрофитов и планктона до зообентоса – рыб, птиц, тюленей и китов. Определен сравнительный вклад глобальных, региональных и локальных источников в радиоактивное загрязнение экосистем Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики. Выявлены тренды в содержании радионуклидов за период с начала испытаний ядерного оружия до наших дней, дающие основу для прогнозирования экологической ситуации в морях России.

В последние годы Дмитрий Геннадьевич интенсивно работал над проблемами Азовского моря. Многое удалось сделать. К этому морю он питал особые чувства, вспоминал своих дедов – донских казаков: морского офицера и морского пехотинца. На Азово-Черноморье заведующий кафедрой океанологии ЮФУ много лично занимался со студентами и аспирантами СПбГУ, МГУ и ЮФУ. В полной мере раскрылись его организаторский талант и свойственная ему четкость и ответственность в педагогической работе.

Вопреки нашему времени он был романтиком. Это помогало ему в тяжелые моменты жизни, поддерживало во многих томительных экспедиционных плаваниях, позволяло находить прекрасные черты даже, казалось бы, в сухих хитроумных построениях современной молекулярной биологии и генетики.

Дмитрий Геннадьевич стремился к процветанию института, который возглавлял, и в последнее время сильно переживал из-за неудач. Если бы с наукой у нас в стране было всё хорошо, то директора институтов больше бы думали о научных исследованиях, а не о том, где найти деньги, чтобы сохранить коллективы. Тогда, возможно, удалось бы избежать таких трагедий.

Мы потеряли не только опытного профессионала, специалиста-исследователя, смерть вырвала из наших рядов еще молодого, 48-летнего, очень способного, подготовленного, одержимого наукой директора, руководителя многих научных направлений, который душой и сердцем болел за дело, за прогресс.

На столе Дмитрия Геннадьевича Матишова остались незавершенные статьи и документы, над которыми он работал еще накануне трагического неожиданного ухода во время отпуска.

Дмитрий Геннадьевич был явлением, принципиальной личностью, не терпел лжи. Нам остается смотреть вперед и помнить.

Мы благодарим всех коллег и друзей, откликнувшихся на нашу беду, наше горе.

Академик Г.Г. Матишов

УХОД НА ВЗЛЕТЕ… ПАМЯТИ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА (1966–2015 гг.)

А.Д. Чинарина

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
druzhinina@mmbi.info

Дмитрий Геннадьевич Матишов – известный географ-океанолог, специалист в области морских наук, один из основателей научного направления в геоэкологии океана – радиационной экологической океанологии. Дмитрия Геннадьевича я буду помнить (именно помнить, а не вспоминать) живым и всегда жизнерадостным. Краткую статью-очерк о нем хочу начать следующим образом.

АВТОБИОГРАФИЯ

Я, Матишов Дмитрий Генадьевич, родился 5 сентября 1966 года в г. Ростове-на-Дону в семье служащих. В 1983 году закончил среднюю школу в г. Мурманске. После окончания школы в 1983-1984 гг. работал слесарем-ремонтником в Мурманском объединении «Судоверфь».

В августе 1984 г. поступил на географический факультет Ленинградского государственного университета, который закончил в 1989 г. по специальности географ-океанолог. В армии не служил.

В 1989 г. поступил в очную целевую аспирантуру кафедры океанологии ЛГУ от Мурманского морского биологического института КНЦ РАН.

С 1990 г. по настоящее время работаю в Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра РАН, где прошел путь от младшего научного сотрудника до первого заместителя директора по науке и директора Азовского филиала ММБИ.

В 1994 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря».

В 2001 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах».

В 2003 г. был избран членом-корреспондентом РАН по Отделению наук о Земле.

С 2004 по совместительству являюсь заместителем Председателя Южного научного центра РАН.

За монографию «Радиационная экологическая океанология» награжден медалью РАН с премией для молодых ученых.

В 2006 г. за плодотворную научно-исследовательскую деятельность награжден Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Веду педагогическую деятельность в Южном федеральном университете, где заведую кафедрой океанологии.

Состав семьи: жена – Кириллова Елена Эдуардовна, 1966 года рождения, сын – Матишов Константин Дмитриевич, 1991 года рождения.

03.03.2008

Вот так – четко, лаконично, по-деловому, исключительно емко! Четкость в мыслях и делах, деловитость (а не многословие) у Дмитрия Геннадьевича прослеживаются на протяжении всей его творческой деятельности, начиная со студенческой поры.

В 1989 г. Дмитрий Геннадьевич окончил географический факультет (кафедра океанологии) Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова, там же и аспирантуру (под руководством профессора В.В. Ионова).

Мне помнятся приезды Дмитрия в Дальние Зеленцы, в ММБИ, для прохождения летней научно-производственной практики, обычно в группе из 5–6 студентов ЛГУ. Помню их активное участие в различных хозяйственных мероприятиях института, субботниках и мелкомасштабных строительных и ремонтных работах, в подготовке к экспедициям: погрузке приборов и оборудования, продуктов питания, другого имущества на судно. Все это происходило под присмотром старейшего сотрудника ММБИ, многоопытного гидролога В.Н. Широколобова. Однажды на мой вопрос, кого бы он выделил среди этих студентов в плане отношения к делу, целеустремленности, заинтересованности, любознательности, деловитости, осознанности, был дан твердый, однозначный ответ: «Дмитрия Матишова и Антона Шабана». У меня не было и нет сомнений в объективности такого ответа [Чинарина, 2012].



Рис. 1. Д.Г. Матишов в поселке Дальние Зеленцы в июле 2007 г.

После окончания университета в 1990 г. Дмитрий Геннадьевич был принят в ММБИ на должность младшего научного сотрудника отдела экологических и биосферных исследований. Вот как характеризует Дмитрия Матишова спустя год, при первой его аттестации, заведующий отделом Г.А. Тарасов, ныне доктор геолого-минералогических наук: «...Дмитрий Геннадьевич к выполнению должностных обязанностей относится добросовестно, аккуратен в работе, дисциплинирован, способен самостоятельно выполнять должностные обязанности на высоком качественном уровне». При аттестации в 1998 г. заведующий лабораторией радиоэкологии, в штате которой состоял Д.Г. Матишов, профессор В.В. Денисов, доктор географических наук, подчеркивал: «...Дмитрий Геннадьевич зарекомендовал себя как добросовестный сотрудник с высокой профессиональной подготовкой в области океанологии и радиоэкологии».

Замечу, что в истории ММБИ Дмитрий Геннадьевич – единственный и исключительный пример успешного и столь быстрого научного роста молодого специалиста. В 28 лет Дмитрий Матишов защищает кандидатскую диссертацию, в 35 лет становится доктором географических наук, а в 37 лет почти единогласно избран в члены-корреспонденты Российской академии наук. Надо сказать, что все это не вызывало у Дмитрия Геннадьевича какой-то эйфории, гордыни, звездности, а воспринималось спокойно, достойно, что, безусловно, заслуживает уважения.

В соответствии с ростом научного статуса шло продвижение по служебной лестнице: 1990 г. – младший научный сотрудник отдела экологических и биосферных исследований; 1992 г. – научный сотрудник; 1994 г. – старший научный сотрудник отдела загрязнения биоты; 1995 г. – заведующий лабораторией радиоэкологии отдела пелагиали и базы океанографических данных; 1998 г. – заведующий отделом антропогенной экологии; 2000 г. – заместитель директора по науке, заведующий отделом океанографии и биологии южных морей (по совместительству); 2002 г. – директор Азовского филиала ММБИ; 2003 г. – член-корреспондент РАН; 2004 г. – заместитель председателя Южного научного центра (по совместительству); 2008 г. – директор Института аридных зон ЮНЦ РАН.

Научные интересы Д.Г. Матишова связаны с океанологией, гидрохимией и радиоэкологией. Первоначально он сосредоточился на изучении природной радиоактивности, исследуя среду и биоту морей Западной Арктики (Норвежское, Баренцево, Белое, Карское моря). Полученный в многочисленных экспедициях с непременным участием Дмитрия Геннадьевича материал лег в основу его кандидатской диссертации «Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря», которую он защитил в 1994 г. [Матишов, 1994].

Следующий шаг – широкомасштабное изучение искусственных радионуклидов в морской среде и биоте Северной Атлантики, Центрального Полярного бассейна и морей Северного Ледовитого океана; их источников, уровней концентрации, механизмов и путей распространения; динамики таких радиоактивных изотопов, как $^{134, 137}Cs$, ^{90}Sr, $^{239, 240}Pu$; океанологических процессов, способствующих самоочищению морской среды; создание базы данных по природной и антропогенной радиоактивности. Эти исследования велись в рамках программ РАН, Министерства науки, Российского фонда фундаментальных исследований. Значительный объем работ был выполнен по грантам МАГАТЭ и ТАСИС [Матишов, 2001б].

Трудно перечислить организованные по инициативе и при активном участии прекрасного «экспедиционника» Дмитрия Геннадьевича комплексные морские и береговые экспедиции в разные районы Арктики (Норвежское, Баренцево, Печорское, Белое, Карское моря, море Лаптевых), а с 1997 г. и в Азовское море. Нередкими были международные экспедиции с участием немецких, польских, норвежских, финских ученых. Совершались многодневные высадки для исследования бухт и заливов высокоширотных архипелагов (Новой Земли, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли). Были выполнены радиоэкологические съемки в местах испытаний ядерного оружия под водой в губе Черной на Новой Земле, тщательно, многократно обследованы Кольский залив, где находится комплекс «Атомфлота» по обращению с радиоактивными отходами, другие заливы и губы Кольского полуострова, имеющие радиационно опасные объекты.

В результате были составлены радиоэкологические карты, отражающие направление и степень воздействия на экосистемы полярных морей радиоактивного загрязнения (в том числе и промышленного) стран Западной Европы. Известно, что жидкие отходы низкой и средней удельной активности с радиохимического завода «Селлафилд» (Великобритания) сбрасывают в Ирландское море. К настоящему времени многочисленными наблюдениями доказано, что повышенные концентрации $^{134,137}Cs$, ^{90}Sr и других долгоживущих радионуклидов из состава сброшенных «Селлафилдом» достоверно прослеживаются в Северном, Норвежском, Гренландском, Баренцевом и даже Карском морях. Эти карты получили высокую оценку специалистов.

Впервые были определены уровни аккумуляции радиоактивных изотопов в различных видах и популяциях морских организмов. Освоив одним из первых в институте ГИС-технологии, Дмитрий Геннадьевич представил радиоэкологические сценарии по ядерному полигону упомянутой ранее губы Чёрной, акваториям атомных баз Северного Флота и другим радиационно опасным объектам, которые являются важным элементом в системе экологической безопасности морей Северного Ледовитого океана. Он впервые показал роль биофильтра пелагиали и шельфа в процессе самоочищения вод Баренцева моря, в переходе искусственных радионуклидов из воды в донные отложения; выявил особенности миграции и ассимиляции радионуклидов по трофическим цепям северных морских экосистем (от планктона и макрофитов до зообентоса, рыб, птиц, тюленей и китов); классифицировал прибрежные акватории по степени загрязнения донного осадка радионуклидами; определил сравнительный вклад глобальных, региональных и локальных источников в радиоактивное загрязнение экосистем Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики [Матишов и др., 2006].

В 2000 г. по инициативе и под руководством Дмитрия Геннадьевича был организован (на НИС «Дальние Зеленцы») мониторинг радиоактивного загрязнения среды и биоты в Баренцевом море, в районе гибели атомной подводной лодки «Курск». Надо признать, что это был мужественный поступок: никто не просил, не заставлял, не приказывал. По свидетельству членов той экспедиции, его единомышленников и друзей – доктора биологических наук, профессора П.Р. Макаревича и кандидата географических наук Д.В. Моисеева, – был определенный риск, так как в тот момент ничего не было известно о состоянии радиоактивной среды в районе гибели АПЛ.

Мониторинг радиационной обстановки вели вплоть до подъема подводной лодки. Были взяты в значительных объемах пробы морской воды и донных отложений, определены гидрологические, гидрохимические и биологические показатели. Анализ проб и модельные расчеты показали, что в случае разгерметизации корпуса «Курска» возможное радиоактивное загрязнение быстро снизилось бы до безопасного уровня благодаря естественным процессам моря. Это исследование и убедительные выводы Дмитрия Геннадьевича значительно снизили общественную напряженность и беспокойство в тот период в Мурманской области и в Баренц-регионе в целом. Как свойственно Дмитрию Геннадьевичу, все было сделано без шумихи и каких-либо победных реляций, четко, по-деловому.

В научных трудах Д.Г. Матишова впервые сформулированы методы мониторинга радиоактивного загрязнения на основе синтеза современных средств радиохимии, океанологии и морской биологии. Создавая радиоэкологическую информационную систему, он стал одним из основателей радиационной экологической океанологии – нового научного направления, изучающего морскую экологическую пирамиду. В 2001 г. Дмитрий Геннадьевич защитил докторскую диссертацию «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах» [Матишов, 2001а]. В этом же году публикуется его фундаментальная монография «Радиационная экологическая океанология» [Матишов, 2001б], отмеченная медалью Президента РАН и премией для молодых ученых. Ее перевод на английский язык в 2004 г. (“Radioecology in Northern European Seas”) получил широкий отклик мировой научной общественности. Результаты научно-теоретических разработок Дмитрия Геннадьевича находят широкое применение при выработке стратегии охраны природы Арктики

и эксплуатации ее ресурсов, используются службой радиационной безопасности Северного флота и Атомфлота для прогнозирования и принятия оперативных решений.

Дмитрий Геннадьевич – автор и соавтор более 200 публикаций. Кроме 14 монографий, множества статей, большое количество его работ представлены в трудах и сборниках всероссийских и международных семинаров, конференций, симпозиумов, съездов. Регулярные публикации в престижных журналах: "Deep-Sea Research", "Radiation Protection Dosimetry", "Environmental Science and Technology" и др. – свидетельствуют о международном признании его исследований [Дженюк, Моисеев, 2016].

Д.Г. Матишов – состоявшийся, широких научных интересов ученый. Активно участвуя в научно-исследовательской работе, Дмитрий Геннадьевич много времени уделял научно-просветительской и педагогической деятельности: читал курс лекций и возглавлял с 2004 г. кафедру океанологии Института наук о Земле (создан в 2013 г. на базе геолого-географического факультета Южного федерального университета), руководил работой диссертантов, дипломников. Он известен своей общественной деятельностью: член двух диссертационных советов, трех редакций журналов; председатель Государственной аттестационной комиссии на факультете географии и геоэкологии Санкт-Петербургского государственного университета; член Международного союза экологической этики и экспертной группы по международному проекту UNEP/GIWA «Глобальная оценка международных вод» (2000–2004 гг.). Д.Г. Матишов входил в руководящую группу международного проекта CEEPRA в 2011–2014 гг.

Высокие посты и должности свидетельствуют об умении организовывать свое время, руководить и общаться. Дмитрий Геннадьевич мог создать доброжелательную и творческую обстановку, умел ставить задачи и содействовать их решению, проявляя при этом такт и деловую принципиальность. Он обладал даром привлекать талантливую, трудолюбивую молодежь (М. Буфетова, И. Усягина, Н. Касаткина, Д. Валуйская) и старших по возрасту квалифицированных специалистов (Т.Н. Савинова, В.М. Савинов, Г.В. Ильин, Н.И. Голубева, А.А. Намятов, С.В. Бердников, Е.В. Павельская).

Я – свидетель того, с какой энергией добивался Дмитрий Геннадьевич создания в ММБИ современной высокотехнологичной аналитической базы-лаборатории. Это длительная переписка с Президентом и вице-президентами РАН, неоднократные поездки в Москву в высшие академические инстанции. Он убедительно обосновал необходимость затрат на приборы и оборудование, на обучение молодых специалистов. В результате энергичной настойчивости Дмитрия Геннадьевича наши радиоэкологи сегодня вооружены самыми современными приборами, позволяющими проводить сложнейшие исследования радиоактивного загрязнения морей.

Дмитрий Геннадьевич умел слушать и слышать других, учитывать разные мнения, создавая тем самым команду единомышленников. Умел радоваться успехам, удачам, победам других, не скрывая этого, и выражал свой восторг емким, обожаемым им словом «Супер!». Умел общаться с разными людьми, причем общаться заинтересованно, что помогало ему в профессиональных делах: при заключении контрактов, соглашений, договоров, при разработке совместных планов, программ и публикаций, получении грантов в России и за рубежом.

Бывало и такое. Случайная встреча Дмитрия Геннадьевича с И.А. Гущиной (Андрющенко) в Москве, на совещании ученых – представителей Российской академии медицинских наук, обернулась заключением взаимовыгодного контракта и установлением дружеских отношений. А прозвучавшие при беседе магические слова «поселок Дальние Зеленцы» (Ирина Андреевна бывала там в детские годы) решили судьбу дополнительного тиража моей книги «Смотреть вперед и помнить…». Я безмерно благодарна им обоим.

Дмитрий Геннадьевич – незаурядная личность, человек глубокий, большой внутренней культуры, сдержанный, уравновешенный. Занимая столь высокие посты в управленческих структурах науки, он оставался всегда самим собой: простым, порядочным и внимательным. Он умел сопереживать (кроме личного, описанного выше, я знаю много других примеров его

заботы о людях). Видимо, раннее научное «взросление» обостряет чувство ответственности за дела и судьбы других людей.

За плодотворную научно-организаторскую деятельность с учетом активной общественной и педагогической работы Дмитрий Геннадьевич неоднократно награждался правительственными и ведомственными наградами, с 1996 по 2000 г. был государственным стипендиатом, в 2012 г. включен в «первую сотню» резерва управленческих кадров, находящихся под патронатом Президента Российской Федерации.

Признанием академическим сообществом и научной общественностью заслуг, теоретической и практической значимости работ Д.Г. Матишова явилось его избрание членом-корреспондентом Российской академии наук. Указом Президента России от 4 февраля 2006 г. он награжден Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Дмитрий Геннадьевич неоднократно награждался именными дипломами, премиями, грамотами, благодарственными письмами РАН, Кольского и Южного научных центров, Мурманской области, Мурманской областной думы, Мурманского морского биологического института.



Рис. **2.** Вперед, в Дальние Зеленцы!

Невозможно не сказать о любви Дмитрия Геннадьевича к Дальним Зеленцам, которая, наверное, зародилась, когда он, еще школьник, побывал там лет в пятнадцать. Это чувство росло и крепло по мере посещения Дальних Зеленцов студентом, сотрудником ММБИ. Как он признавался в последние годы, его завораживала необыкновенная красота окрестностей Дальних Зеленцов: тундра, побережье, литораль, море. К его приезду обычно устанавливалась тихая и солнечная погода, подходящая для морской рыбалки, и уловы были всегда. Он стремился туда, каждый раз получая удовлетворение, радость и, определенно, вдохновение Дмитрий Геннадьевич прожил недолгую, но интересную жизнь творческого человека. Он многое успел: книги, ученики, практические разработки

на будущее. Но это только самое начало реализации не раскрывшегося полностью таланта, его богатого внутреннего мира. У него были обширные перспективные планы, интересные и светлые идеи и мечты. До последних дней он оставался главным идеологом и консультантом радиоэкологов ММБИ. Особые же надежды (я это знаю) были связаны у Дмитрия Геннадьевича с Институтом аридных зон, любимым его детищем. Он планировал сосредоточиться на актуальных проблемах молекулярной биологии. Нет сомнений, что при его складе ума, целеустремленности, самоотдаче, деловитости и на этом поприще естественно было ожидать успехов, достижений, открытий. И все это, как всегда, во благо человека. К счастью, задуманное Дмитрием Геннадьевичем осуществляют его последователи – ученики, единомышленники, коллеги, коллективы лабораторий, институтов – как на Севере, так и на Юге.

Он ушел на взлете, ушел внезапно, но мы, северяне, живем с ощущением того, что Дмитрий Геннадьевич вот-вот приедет с Юга, чтобы принять участие в очередном заседании диссертационного совета или в лыжном марафоне мурманского Праздника Севера (четыре раза он проходил эту дистанцию: в 2003, 2007, 2008 и 2012 гг.). Южане наверняка ждут, после краткого отсутствия, его возвращения с Севера.

Пусть такое ощущение временного отсутствия Дмитрия Геннадьевича останется у нас навсегда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дженюк С.Л., Моисеев Д.В. Дмитрий Геннадьевич Матишов – океанолог (к 50-летию со дня рождения) // *Перспективные направления исследований экосистем арктических и южных морей России: мат-лы XXXIV конф. молодых ученых ММБИ КНЦ РАН, посвященной 50-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова*. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2016. С. 5–9.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Радиоэкология арктических и южных морей России // *Океанологические и биологические исследования арктических и южных морей России* (*к 70-летию Мурманского морского биологического института*). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 412–433.

Матишов Д.Г. *Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах*: дис. … д-ра геогр. наук. Мурманск, 2001а. 394 с.

Матишов Д.Г. *Радиационная экологическая океанология*. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2001б. 417 с.

Матишов Д.Г. *Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря*: автореф. дис. … канд. геогр. наук. СПб., 1994. 16 с.

Чинарина А.Д. *«Смотреть вперед и помнить…» Очерки из истории ММБИ КНЦ РАН*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 326 с.

УЧЕНЫЙ-ОКЕАНОЛОГ ДМИТРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ МАТИШОВ

С.Л. Дженюк, Д.В. Моисеев

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
dzhenyuk@mmbi.info, denis_moiseev@mmbi.info

Дмитрий Геннадьевич Матишов (1966–2015) остался в нашей памяти как разносторонний ученый с широким кругом интересов. Но наиболее значимы его достижения в области океанологии, где он прошел путь от студента Ленинградского государственного университета до члена-корреспондента РАН. Важнейшие этапы этого пути были связаны с Мурманским морским биологическим институтом (ММБИ).

В биографических справочниках Д.Г. Матишов представлен как специалист в области морских наук, один из основателей радиационной экологической океанологии. Это не исчерпывает диапазон его научных интересов, особенно в последние годы жизни, но правильно определяет его основной вклад в науку о Мировом океане. Он был океанологом-исследователем, разработавшим одно из важнейших научных направлений на основе сочетания теоретических подходов с уникальными натурными данными, полученными в экспедициях ММБИ.

Д.Г. Матишов окончил географический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «океанология» в 1989 г., когда престиж науки начал снижаться и в то же время для способной молодежи открывались новые возможности быстрого успеха: бизнес, компьютерные технологии, международные связи. Но он выбрал для себя профессию ученого и после университета приступил к работе в ММБИ, уже знакомом ему по летним студенческим практикам.

Разумеется, имело значение и то, что институтом руководил отец молодого специалиста – Геннадий Григорьевич Матишов, признанный в стране и мире лидер исследований в области морской экологии, в 1990 г. избранный членом-корреспондентом, а семью годами позже – академиком РАН. Это обязывало обоих с особой ответственностью относиться к работе начинающего ученого и его положению в коллективе. Сотрудники института видели, что Дмитрий Матишов, не получая поблажек, вместе со всеми выполняет производственные задания, набирает экспедиционный опыт, быстро овладевает современными методами и технологиями исследований.

Направление исследований Д.Г. Матишова определилось уже в первые годы работы. В конце XX в. загрязнение океанов и морей и антропогенная деструкция морских экосистем были признаны ключевыми глобальными проблемами, от решения которых зависят обеспечение человечества продовольствием и устойчивость биосферы. Среди видов воздействия на морские экосистемы особое место занимает радиационное загрязнение, масштабы которого еще только предстояло оценить. В арктических морях было и остается особенно много потенциальных источников загрязнения: сбросы и утечки радионуклидов от морских судов и береговых баз, затопленные реакторы утилизированных подводных лодок, остаточные последствия ядерных испытаний на Новой Земле, дальние переносы загрязнений из чернобыльской зоны и от атомных предприятий западных стран. Эта ситуация вызывала повышенное беспокойство как в России, так и у наших зарубежных соседей. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. ММБИ самостоятельно и совместно с норвежскими, финскими и немецкими партнерами провел несколько морских экспедиций в наиболее уязвимых районах (Печорское и Карское моря, прибрежные воды арктических архипелагов). По результатам этих исследований наши зарубежные коллеги могли убедиться, что радиационная обстановка в морях Западной Арктики не вызывает опасений. Повышенные уровни радиоактивности отмечаются только в непосредственной близости от источников загрязнения, тогда как в открытых морских акваториях радиационный фон в большей степени определяется дальними переносами от атомных предприятий Северной Европы и США, чем местными воздействиями [Матишов и др., 2014].

Д.Г. Матишов участвовал в восьми таких экспедициях, что позволило ему собрать уникальные данные, характеризующие радиационную обстановку на больших пространствах, выявить источники происхождения антропогенных радионуклидов, проанализировать пути их распространения. Для этого было необходимо обобщить современные знания о динамике вод арктических морей, закономерностях накопления радионуклидов в морской воде и донных осадках, радиоэкологической обстановке на прибрежных территориях. По результатам проведенного исследования Д.Г. Матишов в 1994 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «океанология» [Матишов, 1994]. В ней была представлена реальная картина распределения искусственных радионуклидов на шельфе, побережьях и островах Баренцева моря, показана специфика динамики вод Баренцева моря, в том числе его глубоководных желобов, способствующая самоочищению вод от радиоактивного загрязнения. В том же году Г.Г. и Д.Г. Матишовыми была разработана не имеющая аналогов карта радиоактивного загрязнения Баренцева и Белого морей [Матишов и др., 1994а], которая надолго стала основным источником информации о радиационной обстановке на акваториях и побережьях Западной Арктики.

Опыт, полученный в международных экспедициях, пригодился и для установления контактов с зарубежными институтами и учеными. В начале 1990-х гг. сложился творческий коллектив Г.Г и Д.Г. Матишовых, профессора Люблинского университета (Польша) Ежи Щипы и руководителя Центра радиационной безопасности в Рованиеми (Финляндия) Кристины Риссанен. В этом составе они опубликовали коллективную монографию [Матишов и др., 1994б], которая до сих пор остается ценным сводом данных о радиационной обстановке в морях Западной Арктики и на прилегающей суше в период, когда еще сохранялись следы Чернобыльской катастрофы и только начинались мероприятия по утилизации ядерных отходов на побережье Кольского полуострова.

В эти годы Д.Г. Матишов прошел хорошую школу выступлений на научных мероприятиях разного уровня. В их числе (наряду с представительными международными конференциями и съездами) были и конференции молодых ученых ММБИ, на которых он неоднократно представлял лучшие доклады. Участие в международных мероприятиях способствовало расширению областей исследований и привлечению новых партнеров. Так, в 1995 г. сотрудники Федерального агентства Германии по морскому судоходству и гидрографии в Гамбурге (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) обратились в ММБИ с предложением о сотрудничестве, ссылаясь на заинтересовавшее их выступление Д.Г. Матишова (который был назван «обещающим молодым исследователем») на международной конференции по радиоактивности в Арктике. В результате, в дополнение к традиционному сотрудничеству ММБИ с Институтом Альфреда Вегенера, у нас появились новые возможности совместных полевых и лабораторных исследований.

Качественно новым этапом в научном росте Д.Г. Матишова стала разработка теории и методологии комплексного направления – радиационной экологической океанологии, основанной на синтезе современных методов и средств радиохимии, океанологии и морской биологии. Эта область знания включает исследования закономерностей накопления и миграции радионуклидов в среде и биоте, зависимости радиационного загрязнения от физико-химических характеристик среды, процессов и явлений, вызывающих самоочищение морских экосистем.

Под руководством Д.Г. Матишова в лаборатории радиоэкологии ММБИ был обобщен и проанализирован большой массив данных о распределении радионуклидов в арктических и субарктических морях, созданы базы данных по радиационному загрязнению морских вод, донных осадков и биоты арктических морей на геоинформационной основе. Результаты этих работ представлены в виде атласа [Матишов и др., 2002], по ним получен ряд новых теоретических выводов. Установлена роль экосистем прибрежных зон как маргинальных фильтров и аккумуляторов антропогенных радионуклидов. Предложена оригинальная классификация прибрежных экосистем по степени загрязненности и условиям накопления радиоизотопов. В зависимости от условий водообмена, темпов эмиссии и типов источников загрязнения, площадей водосборных бассейнов выделены семь типов морских заливов, различающихся по составу радиоизотопов и их активности [Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., 2001].

Анализ большого количества проб донных отложений и морских организмов позволил выявить различия в накоплении радионуклидов в разных типах грунтов и выявить биологические объекты, обладающие повышенной способностью к накоплению радионуклидов. Располагая этими данными, можно выделять биотопы и экосистемы, наиболее уязвимые к радиационному загрязнению, и учитывать это при размещении радиационно опасных объектов и утилизации атомных отходов.

Была доказана высокая ассимиляционная емкость морских экосистем по сравнению с пресноводными. Северные моря, характеризующиеся благоприятным сочетанием высокой биопродуктивности, трансграничного водообмена, термохалинных и гидродинамических условий, обладают уникальными способностями к самоочищению. Это подтверждается оценками многолетних изменений содержания радионуклидов в среде и экосистемах Баренцева и Карского морей. В более поздних работах Д.Г. Матишова и его коллег было показано, что в Азовском море, где нет собственных источников радиоактивного загрязнения, удельные показатели радиоактивности вод и донных осадков значительно выше, чем в арктических морях [Матишов и др., 2004].

Результаты этого цикла исследований наиболее полно представлены в совместной монографии Д.Г. и Г.Г. Матишовых [2001]. Книга получила широкий отклик среди научной общественности в России и за рубежом, была удостоена премии РАН для молодых ученых. В 2004 г. англоязычная версия этой книги [Matishov D.G., Matishov G.G., 2004] вышла в издательстве "Springer", одном из наиболее авторитетных в мировой науке.

Вклад Д.Г. Матишова в эту совместную работу лег в основу его докторской диссертации, защищенной в 2001 г. [Матишов, 2001]. Созданный научный задел оказался настолько фундаментальным, что всего двумя годами позже Д.Г. Матишов успешно прошел конкурсный отбор и был избран членом-корреспондентом РАН. Это не частый случай в научной жизни, когда высших ступеней достигает специалист, только что вышедший из возрастной категории молодых ученых. К сожалению, нам более привычны защиты докторских диссертаций в предпенсионном, а то и пенсионном возрасте. Далеко не всех защитившихся это стимулирует к постановке новых научных проблем и освоению новых методов исследований.

В августе – сентябре 2000 г. радиоэкологи ММБИ подключились к решению важнейшей государственной задачи – оценке последствий гибели атомной подводной лодки «Курск». Реакторы АПЛ, испытавшие воздействие взрыва, находились на относительно небольшой глубине, недалеко от судоходных трасс (головного участка Севморпути) и в районе интенсивного рыбного промысла. Потенциальная опасность радиоактивных утечек в случае разгерметизации АПЛ была чрезвычайно велика. 19–24 сентября 2000 г. на НИС «Дальние Зеленцы» была проведена специализированная экспедиция под руководством Д.Г. Матишова. В ней были собраны пробы и выполнены анализы содержания радионуклидов в воде, донных осадках, рыбе, макрозообентосе. Благодаря тому, что за предшествующие годы была сформирована представительная база данных о фоновом загрязнении морской среды и биоты, удалось доказать, что катастрофа АПЛ не привела к появлению нового очага загрязнения. Океанологи ММБИ проанализировали данные о гидрологическом режиме района катастрофы и выполнили модельные расчеты распространения и диффузии пятна загрязнения в случае утечки радиоактивной воды. Результаты этой работы, опубликованной коллективом авторов [Матишов и др., 2001], позволили правильно информировать научное сообщество и природоохранные организации о реальной экологической ситуации в Баренцевом море.

Исследования Д.Г. Матишова, базирующиеся на стыке радиохимии, океанологии и морской биологии, опубликованы в престижных зарубежных журналах [Matishov et al., 2000; 2009 и др.].

За годы своей работы на Севере Д.Г. Матишов внес выдающийся вклад в исследования полярных морей, стал лидером коллектива, который успешно развивает созданное им научное направление. К началу 2000-х гг. он стал не только признанным ученым, но и организатором науки. В 2001 г. он был назначен заместителем директора ММБИ и в этом же году возглавил новое научное подразделение – Азовский филиал ММБИ в Ростове-на-Дону. Здесь многое делалось практически с нуля: формировался научный коллектив, был организован

экспедиционный мониторинг Азовского моря и его прибрежной зоны, ставились новые задачи по моделированию океанологических процессов. Это позволило в короткий срок заложить основу для создания в 2008 г. Института аридных зон Южного научного центра РАН. Д.Г. Матишов стал его организатором и первым директором. Но и в эти годы он оставался действующим океанологом-исследователем. Под его руководством и при непосредственном участии проведены круглогодичные экспедиции в Азовском море, получены новые данные о гидрофизических и гидрохимических процессах в зоне взаимодействия река – море, продолжен цикл радиоэкологических исследований.

Много внимания Д.Г. Матишов уделял работе с молодыми учеными. С 2004 г. он возглавил организованную при его активном участии кафедру океанологии геолого-географического факультета Южного федерального университета, ставшую базовой для Южного научного центра РАН. В 2005 г. на научно-экспедиционной базе ЮНЦ «Кагальник» он организовал ежегодную летнюю океанологическую школу. В ней принимали участие студенты кафедр океанологии Южного федерального университета, Санкт-Петербургского государственного университета и других вузов. На первом этапе они участвовали в экспедициях в Азовское море, где учились работать с современным научным оборудованием, отбирать пробы воды, донного осадка и биоты. На втором этапе под руководством опытных ученых занимались камеральной обработкой полученных данных, а также слушали курсы лекций по океанологии и морской биологии от ведущих российских и зарубежных ученых.

Д.Г. Матишов был членом двух диссертационных советов и редколлегий журналов – «Вестник Южного научного центра» и «Вестник Ставропольского государственного университета». Являлся председателем Государственной аттестационной комиссии на кафедре океанологии Санкт-Петербургского государственного университета. Руководил аспирантами, подготовил нескольких кандидатов наук.

Жизнь Дмитрия Геннадьевича преждевременно оборвалась на подъеме творческой активности. У него было много новых идей и замыслов. Но и то, что он успел сделать, стало неотъемлемой частью наших знаний о природе арктических и южных морей России. Для молодого поколения исследователей Дмитрий Геннадьевич Матишов стал примером современного ученого-океанолога, одинаково уверенно чувствующего себя на палубе экспедиционного судна, у компьютера за рабочим столом или на трибуне международного конгресса. Его короткая, но яркая биография навсегда вошла в историю океанологической науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Анисимова Н.А., Дженюк С.Л., Зуев А.Н. Радиационное состояние среды и биоты на Мурманской банке в районе затонувшей АПЛ «Курск» // *Океанология*. 2001. Т. 41. № 6. С. 890–897.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Динамика радиоактивного загрязнения донных отложений Баренцева, Белого и Азовского морей // *Доклады Академии наук*. 2004. Т. 396. № 3. С. 394–396.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Назимов В.В. *Уровни и основные направления переноса радионуклидов в Баренцевом и Карском морях*. Карта. Масштаб 1 : 4704075. Рованиеми, Финляндия. 1994а.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Многолетняя динамика радиоактивного загрязнения Баренцево-Карского региона (1960–2013 гг.) // *Доклады Академии наук*. 2014. Т. 458. № 4. С. 473.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Щипа Е., Риссанен К. *Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994б. 237 с.

Матишов Д.Г. *Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах: автореф. дис. … д-ра геогр. наук*. СПб., 2001. 50 с.

Матишов Д.Г. *Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря: автореф. дис. … канд. географ. наук* (11.00.02). СПб., 1994. 16 с.

Матишов Д.Г., Ильин Г.В., Моисеев Д.В. *Атлас химического и радиоактивного загрязнения Баренцева моря*. Вып. 1. Сент. 2002. *Загрязнение донных отложений*. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2002. 1 электрон. опт. диск (CD ROM).

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. *Радиационная экологическая океанология*. Апатиты, 2001. 417 с.

Matishov D.G., Matishov G.G. *Radioecology in Northern European Seas*. Springer, Berlin, 2004. 335 p.

Matishov G., Matishov D., Namjatov A., Carroll J., Dahle S. Discharges of nuclear waste into the Kola Bay and their impact on human radiological doses. *Journal of Environmental Radioactivity*. No 48. 2000. P. 5–21.

Matishov G.G., Matishov D.G., Moiseev D.V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along Glacial Troughs. *Oceanologia*. 2009. Vol. 51. No 3. P. 293–312.

ДМИТРИЙ **МАТИШОВ**

ЧТОБЫ ПОМНИЛИ ...

SO THAT TO REMEMBER...

DMITRY MATISHOV


TO
WEST



























Начало научной деятельности







РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

НА ОСНОВАНИИ УСТАВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИЗБРАЛА

Дмитрия Геннадьевича МАТИШОВА









ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА

НАГРАЖДАЕТСЯ

МАТИШОВ
Дмитрий Геннадьевич

директор Аллеского филиала
Учреждения Российской академии наук
Мурманского морского биологического института
Кольского научного центра

За большой вклад в развитие научных основ морепользования и охраны природной среды в Арктической зоне России, создание морских биотехнологий, подготовку научных кадров и в связи с 75-летием Института

Заместитель Министра

Приказ от 05 марта 2010 года





ДИПЛОМ





Матишов
Дмитрий
Геннадьевич

медалью ордена
"За заслуги перед Отечеством"
I степени

4 февраля 2006 года









































Научные мероприятия













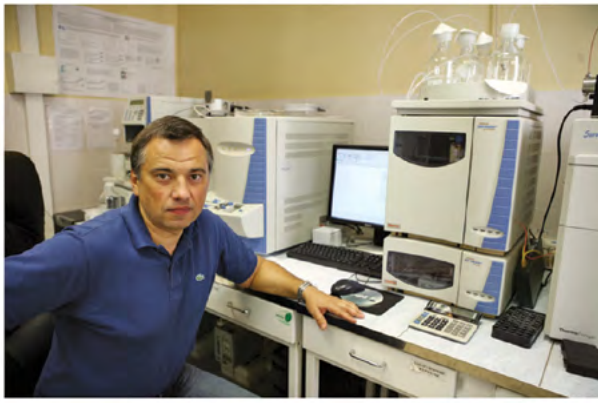



Первый Каспийский
международный
образовательный форум






ИНСТИТУТ
ЦИТОЛОГИИ
И
ГЕНЕТИКИ

















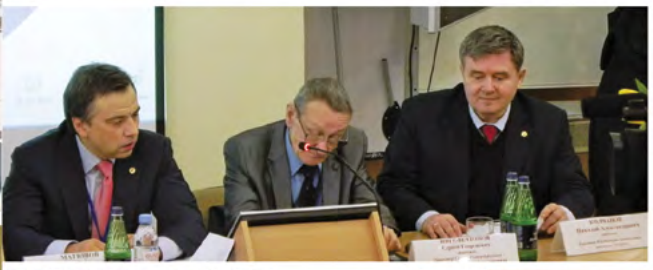




Лаборатория молекулярной биологии Институт аридных зон ЮНЦ РАН


























Романтика экспедиций, работа со студентами




















СБРОСИТЬ ЗА БОРТ
И ДЕРНУТЬ
ПУСКОВОЙ ЛИНЬ




03/14/2015









Международная деятельность

























Наставники, коллеги и друзья












































23





Хобби и спортивные достижения
















ПОИСК
Еженедельная газета научного сообщества
Ищем маркер
Молодые сотрудники молодого научного центра РАН верят, что одолеют старые недуги человечества


pravda.ru
Чаепития в Академии: В поисках тайн клетки

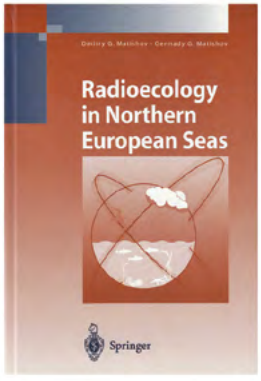

ВЕЧЕР


ЗДОРОВЬЕ
Учёные ищут новый тест на рак


ПОИСК
ОТРЕГУЛИРОВАТЬ РЕГУЛЯЦИЮ: РОСТОВЧАНЕ ОСВАИВАЮТ НОВЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С РАКОМ


VI съезд ВОГиС
РАНХиГС

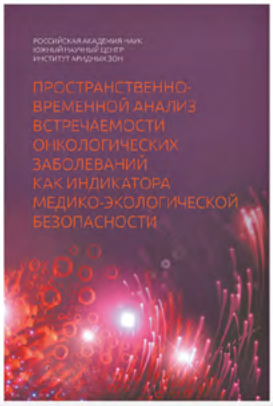

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Южный научный центр
Институт аридных зон
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС АЗОВСКОГО МОРЯ


Dmitry G. Matishov · Gennady G. Matishov
Radioecology in Northern European Seas
Springer

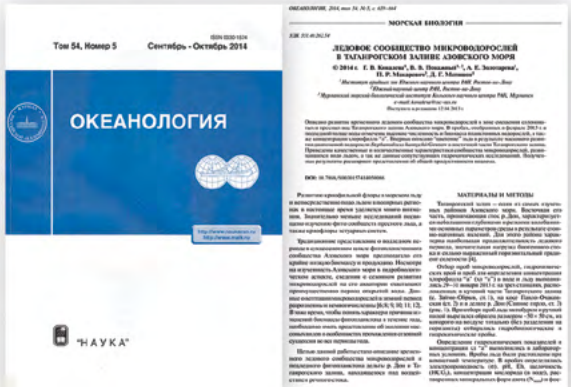

CYTO ELISA
1 ШАГ
Выбор реагента
CYTO ELISA → сбой на 1
N
IVIg as supportive therapy
ДМИТРИЙ МАТИШОВ
географ

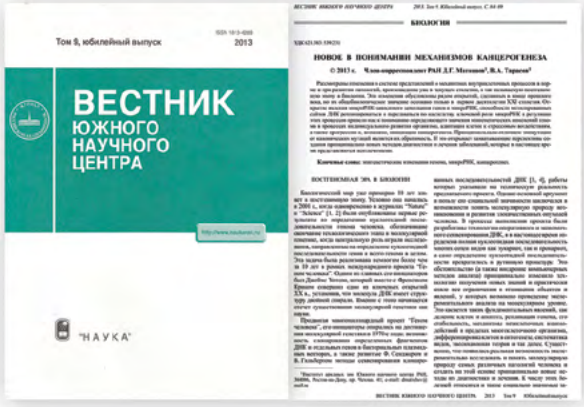
Доктор географических наук, член-корреспондент РАН по Отделению наук о Земле, директор Института аридных зон Южного научного центра РАН. Океанолог по специальности, он увлекся изучением вопросов молекулярной биологии, в частности онкологии. В ближайшем будущем планирует опубликовать результаты четырехлетних работ научного коллектива и продолжить исследования.

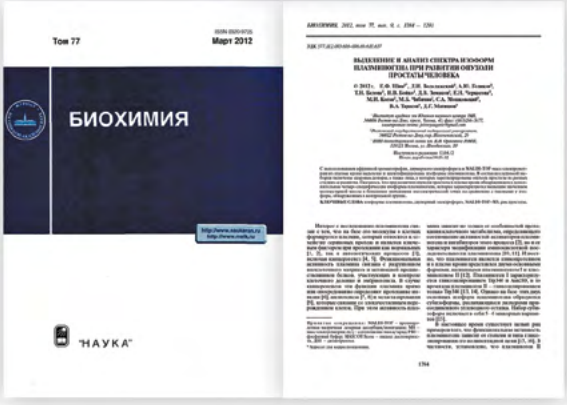

Российская Академия Наук
Д.Г.Матишов
Г.Г.Матишов
РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ
Апатиты
2001


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ АРИДНЫХ ЗОН
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КАК ИНДИКАТОРА МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Ростов-на-Дону
2014


РФФИ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КАК ИНДИКАТОРА МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Под редакцией чл.-корр. РАН, д.м.н. Д.Г. Матишова


Том 54, Номер 5 Сентябрь - Октябрь 2014
ОКЕАНОЛОГИЯ
"НАУКА"
МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ
ЛЕДОВОЕ СООБЩЕСТВО МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ АЗОВСКОГО МОРЯ


Том 9, юбилейный выпуск 2013
ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
"НАУКА"
БИОЛОГИЯ
НОВОЕ В ПОНИМАНИИ МЕХАНИЗМОВ КАНЦЕРОГЕНЕЗА


Том 77 Март 2012
БИОХИМИЯ
"НАУКА"
ВЫДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ СПЕКТРА ИЗОФОРМ ПЛАЗМИНОГЕНА ПРИ РАЗВИТИИ ОПУХОЛИ ПРОСТАТЫ ЧЕЛОВЕКА


Том 50, Номер 10 Октябрь 2014
ГЕНЕТИКА
"НАУКА"



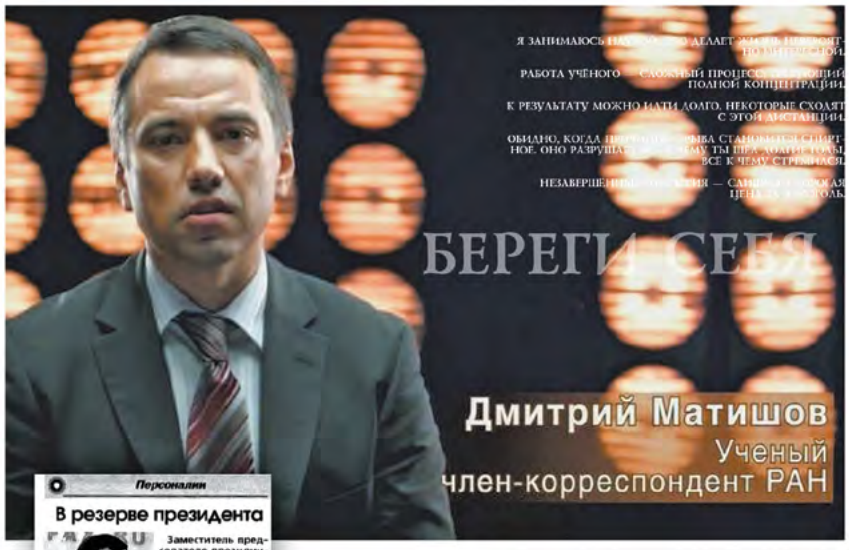


Директор Института аридных зон, созданного при Южном научном центре Российской академии наук, член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов рассказал «НП» о том, почему изучение аридных зон является приоритетным направлением развития науки, что позволяет человеку не зависеть от капризов природы и как сохранить экологическое равновесие в регионе.

— Дмитрий Геннадьевич, что такое аридные зоны?

— Аридной называется географическая зона, в которой преобладает сухой климат с высокими температурами, процесс испарения влаги преобладает над количеством выпадающих осадков. Мы живем в приграничной области.

На самом деле не надо искать прямого соответствия названия института с направлением его деятельности. Аридные зоны – это определенная часть суши, которая имеет свои особенности, свои природные ресурсы, свои экологические проблемы. Но, определяя аридную зону, мы говорим о территории, где существуют природные, экологические, социальные системы, живут люди – все вместе это и является предметом исследований специалистов, работающих в нашем институте.

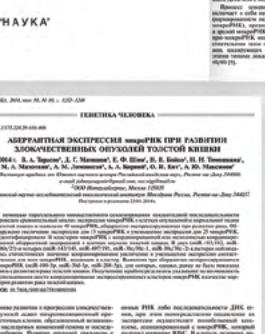
















Публикации, СМИ

У ИСТОКОВ СОЗДАНИЯ АЗОВСКОГО ФИЛИАЛА

Н.В. Лебедева

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
lebedeva@ssc-ras.ru

Наиболее интересные воспоминания, связанные у меня с Дмитрием Матишовым, возглавлявшим Институт аридных зон ЮНЦ РАН в последние годы жизни, относятся к «позитивно-романтичному» периоду создания филиала ММБИ в Ростове-на-Дону.

Впервые я познакомилась с ДМ в 1998 г. на конференции, которая была организована ММБИ для продвижения идеи создания отдела по изучению южных морей. Формально я не была участником конференции, поскольку во время ее подготовки работала в Восточной Африке, но пропустить интересное для ростовской научной жизни событие я не могла. В зале заседаний я вывесила постер на тему моих радиоэкологических и экотоксикологических исследований, который привлек внимание ДМ. Помню первую реакцию от общения с ДМ. Открытый, приятный в общении человек, он произвел на меня положительное впечатление. ДМ тогда был молодым кандидатом наук, предметом исследования которого была радиоэкология. Наши интересы пересекались в этом направлении. Я занималась радиоэкологией птиц довольно долгое время, но мои исследования были сфокусированы на наземных экосистемах. От морской, тем более северной тематики я была далека. Однако научные контакты с ММБИ открывали для меня и новые объекты исследований, и новые возможности. С ДМ я нашла общие научные точки соприкосновения. Фактически в это время и на протяжении следующих нескольких лет ДМ выполнял функции замдиректора ММБИ на Юге, он участвовал в организации многих работ.

Процесс становления Азовского филиала проходил постепенно, но в то же время быстро. Формирование кадрового состава было непростой задачей: нужно было найти не просто исследователей, чьи интересы сосредоточены на водных морских экосистемах, но специалистов, которые работали, учились или по роду своих исследований были связаны с Российской академией наук, имели публикации в академических журналах. Отбор специалистов проходил по двум направлениям: совместная подготовка коллективных монографий по «южной» тематике и во время полевых работ. По приглашению Г.Г. Матишова я приняла участие в нескольких береговых экспедициях в район Керченского пролива и Тамани, куда смогла взять своих студентов и аспирантов из Ростовского университета. Одна из экспедиций проходила в декабре 1998 г., мы объехали многие озера, лиманы, косы и побережье. Были собраны уникальные данные о зимовке птиц в Причерноморье. Другим запоминающимся моментом стала экспедиция на фелюге, в которой участвовали ДМ и другие сотрудники ММБИ, в авандельту Дона в мае 2000 г. Я предложила не ограничиваться только рекогносцировкой во время полевых работ, а провести исследования о накоплении радионуклидов в трофической цепи от рыб к птицам. ДМ меня поддержал, создал все условия для работы, а впоследствии организовал выполнение анализов собранных образцов. Эта полевая работа позднее легла в основу нескольких наших совместных публикаций, в которых показаны особенности аккумуляции радионуклидов в некоторых видах рыб, органах и тканях рыбоядных птиц [Матишов и др., 2001; Лебедева и др., 2001; Matishov et al., 2001; Матишов и др., 2003а; 2003б].

Наши совместные результаты я представила в одном из докладов на Международном конгрессе по радиоэкологии-экотоксикологии наземных и эстуарных экосистем в Экс-ан-Провансе (Франция), который состоялся в начале сентября 2001 г. [Matishov et al., 2001]. Благодаря полученному гранту у меня появилась возможность принять участие в этом конгрессе, обсудить результаты своих исследований, познакомиться с последними достижениями

в области мировой радиоэкологии и экотоксикологии, встретить коллег в неформальной обстановке. ДМ тоже был участником этого конгресса. И одно из приятных воспоминаний – вечер 5 сентября, день рождения ДМ, проведенный в маленьком ресторанчике «Омар, лосось и утка». На память остался альбом с фотографиями. А уже через 6 дней, 11 сентября 2001 г., когда мы вернулись домой, мир изменился навсегда, мы тоже стали другими.

ДМ активно отстаивал мою кандидатуру в качестве потенциального специалиста южного подразделения. Он мне позвонил и сообщил, что решено пригласить меня на работу в ММБИ, и я могу взять с собой кого-то из моих учеников. Я была не готова полностью уйти из Ростовского университета, но согласилась на работу в ММБИ в качестве совместителя. Для меня начался новый этап научной жизни.

Мое знакомство с Арктикой состоялось уже летом 2000 г. после окончания полевых работ на юге. У меня был исследовательский проект РФФИ «Геохимическая экология птиц России», и по приглашению Г.Г. Матишова, взяв с собой двух моих учеников, я впервые отправилась в Мурманск и затем в Дальние Зеленцы. В это время я много общалась с ДМ, он взял на себя организацию нашей экспедиции из Мурманска в Дальние Зеленцы. Несколько дней мы провели в Мурманске, занимаясь подготовкой документов, оборудования, закупкой продуктов. Мы впервые отправлялись в продолжительную экспедицию в незнакомое для нас место за полярным кругом, и основные стереотипы (больше продуктов и теплых вещей не помешает) оказали влияние на итоговое количество багажа. ДМ был не чужд юмора, кстати, без сарказма. Он посмотрел на наш багаж и, отнесясь с пониманием к нашей неопытности, произнес: «В тундре мало еды не бывает». С тех пор для меня эта фраза стала крылатой. Иногда я ее цитирую, вспоминая в этот момент ДМ.

Наша поездка была интересной. Ехали двумя машинами, на первой ехал Г.Г. Матишов, а мы за ним – на другой: ДМ за рулем, двое моих учеников и я. За время, проведенное в пути, мы о многом говорили, слушали музыку Грига, песни Митяева… Тот долгий путь среди прекрасных сопок, поросших низким березняком и цветущим иван-чаем по обочинам, с проверками на пограничном кордоне, первой совместной фотографией на фоне вида на Дальнезеленецкую губу и Дальние Зеленцы навсегда останется в памяти как одно из самых светлых и теплых воспоминаний о ДМ.

ДМ, как я помню, доверял мне в подготовке специалистов, и в тот период времени часто просил меня либо взять с собой кого-то в экспедицию, либо обратить внимание на того или иного человека. Эти экспедиции по Приазовью и в Дальние Зеленцы, в которых мои аспиранты и студенты проходили полевую подготовку и собирали материал по проектам, были своеобразной школой для многих молодых ученых.

В 2001 г. неожиданной для меня стала просьба ДМ быть оппонентом на защите его докторской диссертации. В тот момент у меня еще не было совместных с ним публикаций, и я согласилась, прочитав фундаментальную рукопись «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах» [Матишов, 2001]. Он планировал защиту в г. Санкт-Петербурге в Институте озероведения РАН. В памяти у меня осталась эта трудная защита, где мнения балансировали на грани «за» и «против». Это была настоящая защита научного труда с полемикой, противниками соискателя, приехавшими специально для дискуссии из столицы, положительными, но противоречивыми мнениями оппонентов, выступлениями «против» и «за». ДМ было всего 35 лет. Для любого консервативного академического диссертационного совета – архимало. Сегодня с позиции своего опыта я знаю, как легко можно увести дискуссию от сути работы, достижений соискателя и убедить членов совета голосовать против, несмотря на положительные отзывы оппонентов и все аргументы «за». Я выступала последней из оппонентов. Пришлось отложить свой заготовленный отзыв и вступить в полемику не только с противниками исследования, но и с критическими замечаниями оппонентов. В дискуссии заведующий кафедрой океанологии Санкт-Петербургского университета В.В. Ионов, учитель ДМ, так высоко оценил соискателя и его исследование, что у совета практически не осталось аргументов «против». Сразу после оглашения результатов голосования было ощущение об-

щей большой победы. А как часто сегодня защита становится рутинной и предсказуемой заранее! Защита докторской диссертации ДМ стала для меня большой школой.

Внешне мои отношения с ДМ на протяжении следующих лет были разными: споры, разные точки зрения, но в основе этих отношений всегда был позитивный фундамент, который был заложен почти 20 лет назад.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лебедева Н.В., Матишов Д.Г., Селютин В.В., Бердников С.В. Модельный подход к анализу процессов биоаккумуляции радионуклидов (на примере большого баклана) // *Проблемы радиоэкологии морей европейской части России* (*источники, концентрации, влияние на экосистемы*): *тез. докл. междунар. конф.* (*г. Ростов-на-Дону, 24–26 июня 2001 г.*) Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2001. С. 40–43.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Буфетова М.В., Лебедева Н.В., Намятов А.А. Антропогенные радионуклиды в воде и биоте Азовского моря // *Биота, среда и моделирование экосистем Азовского моря*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 187–195.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Лебедева Н.В. Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева и Азовского морей // *Доклады Академии наук*. 2003а. Т. 389. № 3. С. 424–426.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Лебедева Н.В., Намятов А.А., Буфетова М.В. Искусственные радионуклиды в воде и биоте Азовского моря (по результатам исследований 1999–2000 гг.) // *Океанология*. 2003б. Т. 43. № 2. С. 194–198.

Матишов Д.Г. *Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах: автореф. дис. … д-ра геогр. наук*. СПб., 2001. 50 с.

Matishov D., Lebedeva N., Namyatov A. The radionuclide accumulation in the trophic chain of Azov Sea // *International congress on the radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments. Abstracts*. Aix-en-Provence-France: Nuclear protection and safety Institute, 2001. P3M/8 (44).

ПАМЯТИ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА

В.В. Громов

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Азовский филиал Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Для создания комфортных условий работы большое значение имеет морально-психологическая обстановка в трудовом коллективе. В связи с этим мне хотелось бы затронуть роль руководителя любого звена. На мой взгляд, Д.Г. Матишов, директор Института аридных зон, был примером руководителя, обладающего твердой профессиональной волей и выдающимися личностными качествами. Высоко порядочный, изысканно вежливый, необычайно эрудированный, интеллигентный молодой человек.

С Дмитрием Геннадиевичем я познакомился случайно – или скорее закономерно: мы встретились с ним в 2000 г. в спортивно-оздоровительном лагере Ростовского государственного университета «Лиманчик», куда летом приехала дружная семья Матишовых и их коллеги из ММБИ КНЦ РАН. В то время в «Лиманчике» проходила полевая морская практика студентов-гидробиологов, где я был руководителем.

Приехавшая команда северян была нами радушно принята. Мы решили угостить их морскими мидиями, поскольку знали одно заветное место, где моллюсков было достаточно много. Благодаря помощи П.Р. Макаревича, находившегося в это время в «Лиманчике», была организована доставка ростовских гидробиологов на лодке к бую, на котором росли мидии. Мы набрали их полную кастрюлю, приготовили ужин для гостей, и весь вечер была дегустация морских деликатесов.

В этот день я имел возможность познакомиться с молодым ученым Дмитрием Геннадьевичем Матишовым. Мы весь вечер провели с ним за беседой об университете, студентах и научных исследованиях. Он живо интересовался моей кандидатской диссертацией по Уссурийскому заливу, особенностями фитобентоса Японского моря и много расспрашивал о быте и исследованиях на Дальнем Востоке. Затем незаметно перешли к обсуждению практики и учебы студентов.

Мы быстро подружились с Дмитрием Геннадиевичем, у нас возникли общие дела и общие идеи по изучению биологии южных морей. Мы сидели рядом с Д.Г. Матишовым и весь вечер провели в непринужденной беседе. Тогда еще не было никаких разговоров о создании на юге структуры, связанной с деятельностью ММБИ. Далее я, бывший кадровый офицер ВМФ СССР, не нарушал субординации: несмотря на хорошие отношения с Дмитрием Геннадиевичем Матишовым, не обращался к нему с мелкими просьбами.

Однажды ко мне домой неожиданно пришел Володя Аверинцев, чем искренне меня удивил: со времен нашей совместной учебы в Ленинградском университете прошло немало времени. Мы с ним выпили кофе, и он сказал: «Приглашаю тебя на беседу к декану биологического факультета Виталию Николаевичу Думбаю. Поскольку ты местный житель и преподаватель университета, нужно, чтобы ты поддержал инициативу академика Г.Г. Матишова о выделении помещения для сотрудников ММБИ, исследующих Азовское море». К стыду своему, я тогда не знал академика Г.Г. Матишова, о чем я сказал Владимиру. Он ответил: «Поехали в университет, там и узнаешь!»

В университете в кабинете В.Н. Думбая мы встретились с академиком Матишовым. Я поддержал идею о выделении комнаты для сотрудников ММБИ. Геннадий Григорьевич спросил у меня, нет ли у нас заинтересованных студентов или аспирантов, связанных с исследованиями на море. Я предложил ему студента, который готовил под моим руководством дипломную работу по макрофитам. Это был Олег Степаньян. Академик Г.Г. Матишов включил его в свой резерв и вскоре помог ему поступить в аспирантуру при ММБИ и защитить кандидатскую диссертацию.

Документы о переходе на работу в АФ ММБИ я передал Дмитрию Геннадиевичу лично, настолько доверительные отношения сложились у нас с ним.

После дальневосточных экспедиций я проникся большой важностью включения в рацион питания человека морской капусты – ламинарии. Зная ее ценные свойства, постоянно пропагандировал ее среди студентов и сотрудников, и в этом нашел поддержку у Д.Г. Матишова.

Академик В.А. Виноградов и В.В. Ковальский, отмечая важность для человеческого организма такого элемента, как йод, подчеркивали, что на земле существует много провинций, куда с атмосферой воздуха не доносятся морские ветры, насыщенные морской солью и йодом [Виноградов, 1960; Ковальский, 1970]. Этот элемент чрезвычайно важен, поскольку необходим для нормальной работы щитовидной железы, отвечающей за иммунный статус организма человека. И в тех местностях, где его нет, у людей возможны иммунные нарушения, ведущие к возникновению серьезных заболеваний, в т.ч. базедовой болезни. Если ее не лечить, то процесс может зайти очень далеко и привести к серьезным органическим нарушениям.

В России около 100 миллионов человек, проживающих в местностях с преобладанием дерновой и дерново-подзолистой почв, страдают от недостатка йода. При советской власти проявлялась забота о здоровье населения, систематически йодизировались хлеб, молоко, конфеты и другие продукты. И в настоящее время процедура йодизации продуктов крайне необходима, особенно для Ростовской области.

Японцы особенно любят и ценят ламинарию, готовят из нее около 100 блюд. Мне хорошо известно, что ламинария содержит в своих тканях альгинат натрия, значительное количество биологически активного йода и других полезных микроэлементов, поэтому я часто готовлю дома салат из нее, используя для этого ламинарию в сушеном виде. Нередко знакомлю студентов и сотрудников с рецептом приготовления салата из аптечной крупки из ламинарии, и он, на мой взгляд, вкуснее и полезнее магазинного, так как готовится без уксуса. Надо сказать, я осмелился угостить им и Дмитрия Геннадиевича, салат ему тоже понравился.

Приближается день памяти незабвенного Дмитрия Геннадиевича Матишова. До сих пор не верится, что его больше нет. Трудно представить, что он уже не пройдет по проходу в конференц-зале, доброжелательно здороваясь с сотрудниками, щедро делясь с окружающими частицами своей благородной, богато одаренной натуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виноградов А.П. О генезисе биогеохимических провинций // *Труды биогеохимической лаборатории Института геохимии и аналитической химии*. Т. 11. М., 1960. С. 3–7.

Ковальский В.В, Андрианова Г.А. *Микроэлементы в почвах СССР*. М.: Наука, 1970. 180 с.

ВКЛАД ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА В МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЮГЕ РОССИИ

О.В. Степаньян

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадиевич Матишов – выдающий ученый, создатель нового научного направления, радиационной экологической океанологии, оставивший большой след в науке об океане.

Еще студентом Ленинградского госуниверситета Д.Г. Матишов участвовал в многочисленных морских экспедициях по ближней и дальней Арктике, прошел десятки тысяч морских миль, осуществляя научные задачи, неся судовые вахты, выполняя тяжелые палубные работы. В этих рейсах Д.Г. Матишов стал настоящим морским исследователем, умеющим ценить особое морское научное братство. В начале 2000-х годов, находясь у истоков создания Азовского филиала ММБИ и впоследствии будучи его директором, Д.Г. Матишов лично возглавил свыше десяти экспедиций по Азовскому и Чёрному морям. После образования Южного научного центра и Института аридных зон ЮНЦ РАН Д.Г. Матишов, несмотря на загруженность и появление в сфере своих интересов новых научных направлений, не забывал о морском векторе в исследованиях.

Особое внимание Д.Г. Матишов уделял работе со студентами и молодыми специалистами, проведению практических занятий, участию молодежи в полевых работах. Более половины молодых специалистов в ИАЗ ЮНЦ РАН прошли под его руководством производственные практики на научно-экспедиционной базе «Кагальник» и на научных судах ЮНЦ РАН.

Непосредственно с участием Д.Г. Матишова были приобретены два морских научных экспедиционных судна – «Профессор Панов» и «Денеб». Благодаря его инициативе была проведена модернизация морских судов и оснащение самым современных навигационным и океанологическим оборудованием. Планировалось дооборудование НИС «Денеб» надстройкой для увеличения научных групп, работающих на судне. Фактически Д.Г. Матишов первым на Юге России высказал идею о создании и начал воплощение первого плавучего университета. К сожалению, из-за начавшейся реформы РАН и уменьшения финансирования эти планы были реализованы лишь частично. Научно-исследовательские суда «Профессор Панов» и «Денеб» продолжают работать на акваториях Азовского, Черного и Каспийского морей. В настоящее время ежегодно осуществляется более 15 морских экспедиций. С 2000 г. проведено более 100 морских экспедиций, выполнено свыше 5 тысяч океанологических станций, в том числе и на вековых разрезах, например Азов – Керчь, инициатива возрождения наблюдений по которым также принадлежит Д.Г. Матишову.

Научные интересы Д.Г. Матишова в морских исследованиях были разноплановыми. Помимо ставших для Дмитрия Геннадьевича традиционных направлений: океанология, гидрохимия, радиационная экология океана, – были начаты исследования в области волновых процессов, морской экотоксикологии, ихтиологии, аквакультуры, метагеномики и др.

На Юге Д.Г. Матишов продолжил тематику северных исследований – о влиянии тяжелых металлов и радионуклидов на все компоненты морской экосистемы, от воды и донных осадков до бентоса и птиц. Были определены уровни загрязнения среды и биоты искусственными радионуклидами и тяжелыми металлами, выявлен вклад «чернобыльского следа» в экосистеме Азовского моря, показаны пути миграции искусственных радионуклидов по трофическим цепям. Масштабные радиологические исследования на Юге России продолжались под руководством Д.Г. Матишова более 20 лет.

Д.Г. Матишов отличался особым видением перспектив в научных исследованиях: ему удавалось вычленять узкие задачи и направления в казалось бы давно освоенных областях. При

поддержке Д.Г. Матишова было начато и продолжается изучение внутренних волн и сейш в Азовском и Чёрном морях, сгонно-нагонных явлений в дельте Дона. Это важные направления, имеющее прикладное значение для безопасности мореплавания и обороны страны.

Значительное внимание Д.Г. Матишов уделял исследованиям малоизученной темы – функционированию эстуарных морских сообществ в зимний период. Под его руководством был проведен цикл работ, показавший большое значение зимнего периода в формировании первичной продуктивности водоемов. Доклад Д.Г. Матишова и сотрудников Института аридных зон в стенах Института океанологии РАН (г. Москва) в 2012 г. по указанной тематике произвел сенсацию и стал новым словом в биоокеанологии.

Под руководством Д.Г. Матишова на самом современном оборудовании в только что созданной междисциплинарной лаборатории ЮНЦ РАН (2005 г.) были разработаны новые методические подходы по обнаружению токсинов цианопрокариот в планктоне Нижнего Дона с использованием масс-спектрометрии. Исследования такого уровня были выполнены впервые в России. Проблема опасных «цветений» водорослей в пресноводных и морских водоемах и выделяемых ими токсинов особенно актуальна в Донском регионе, где на фоне хронического маловодья происходит усиленное развитие этих процессов.

Большой заслугой Д.Г. Матишова, показывающей комплексность его мышления и нестандартные подходы к решению научных задач, была идея применить метагеномику в морских исследованиях. Д.Г. Матишов использовал метагеномные подходы для исследования планктонных сообществ Азовского и Черного морей, получив уникальные результаты, позволяющие по-новому взглянуть на структуру и функционирование морских бактериальных сообществ. Эти исследования были проведены впервые в России.

Д.Г. Матишов был инициатором создания кафедры океанологии в Ростовском государственном (впоследствии – Южном федеральном) университете и более 12 лет являлся ее руководителем. Первый выпуск студентов-океанологов был осуществлен в 2007 г. Это третья кафедра океанологии в России (после Санкт-Петербургского и Московского университетов). Поддержку Д.Г. Матишова получили исследования сотрудников кафедры океанологии по абразии азовских и черноморских берегов. Благодаря Д.Г. Матишову указанные работы были возобновлены после более чем 30-летнего перерыва и оказались очень своевременными в условиях интенсивного хозяйственного освоения береговой зоны южных морей, в том числе побережий Тамани и Крыма.

Д.Г. Матишов стоял у истоков создания аквакомплекса ЮНЦ РАН, где за 10 лет накоплен уникальный опыт по выращиванию осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения. Эти работы были начаты тогда, когда уловы осетровых рыб еще отражались в официальной статистике, и продолжаются сейчас, когда практически исчезли ценные виды рыб в южных морях России. Идеи и наработки Дмитрия Геннадьевича позволяют с успехом решать проблему импортозамещения в условиях санкционных реалий сегодняшнего времени.

Д.Г. Матишов был сторонником комплексного подхода в решении сложных экологических проблем, имеющих государственный масштаб. При его непосредственном участии было подготовлено экологическое обоснование мегапроекта «Евразия», работа ростовских ученых позволила Президенту РФ вынести решение о приостановке начала реализации такого масштабного и затратного проекта. Выполнены комплексные исследования по оценке состояния экосистемы Северного Каспия и Азовского моря, в том числе в интересах рыбной и нефтегазовой отрасли. Подготовлены обширные материалы по результатам экологического мониторинга последствий катастрофического разлива нефтепродуктов в ноябре 2007 г. в Керченском проливе, которые также были учтены Правительством РФ и позволили представить научно обоснованные аргументы против нападок некоторых западных недоброжелателей, желавших выставить России многомиллиардные иски. При поддержке Д.Г. Матишова в 2010–2015 гг. проведены комплексные морские исследования в Республике Абхазии – первые масштабные морские работы в новейшей истории Абхазии, ставшие славной вехой в возрождении морских исследований молодой республики. При поддержке и участии Д.Г. Матишова были детально изучены зоны наводнений в Крымске (2012 г.)

и Большом Сочи (2015 г.), указавшие на причины возникновения опасных природных явлений и пути решения указанных проблем. Результаты этих работ были учтены Министерством по чрезвычайным ситуациям РФ.

Совместно с академиком Г.Г. Матишовым в течение 10 лет проводился скрупулезный анализ рисков и угроз на южном фланге России, в том числе природного и социального характера.

Как океанолог Д.Г. Матишов прекрасно понимал значение не только сбора первичных натурных данных, но и их накопления, систематизации и обработки. Д.Г. Матишов был одним из инициаторов создания целой серии климатических атласов по арктическим и южным морям, атласа по радиоактивности морей европейской части России. Особую поддержку Д.Г. Матишов оказывал исследованиям в области геоинформационных систем и математического моделирования природных процессов.

Д.Г. Матишов был инициатором создания новых научно-экспедиционных баз на юге России для морских и наземных исследований. При его поддержке и участии были созданы и прекрасно оборудованы научные стационары в с. Кагальник, х. Донском, п. Маныч. Под личным руководством Д.Г. Матишова на стационарах прошли практику более пятисот студентов-географов и биологов из Московского и Санкт-Петербургского государственных университетов, Южного федерального университета, Астраханского и Донского государственных технических университетов, Кубанского и Калмыцкого государственных университетов и др. Многие студенты, которым посчастливилось общаться с Д.Г. Матишовым, получили от него настоящий заряд творческой энергии, интерес заниматься наукой и впоследствии связали свою судьбу с научной деятельностью, работая в ведущих вузах России, Российской академии наук, ведомственных НИИ.

При непосредственном участии Д.Г. Матишова был создан гидрометеопост «Взморье» в Таганрогском заливе, благодаря данным которого были предупреждены несколько сильных наводнений в дельте Дона. Будучи в морской экспедиции на НИС «Профессор Панов», Дмитрий Геннадьевич участвовал в торжественном открытии гидрометеопоста «Взморье». Это было за несколько дней до трагического события.

Д.Г. Матишов ушел в самом расцвете человеческих и творческих сил. Но остался большой багаж накопленных знаний, начинаний и идей. И наша задача – реализовать замыслы Д.Г. Матишова, продолжить работу в том же суперактивном ритме научной жизни, как это делал он, применяя новые и нестандартные подходы в науке об океане.

СПИСОК КЛЮЧЕВЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА ПО МОРСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ НА ЮГЕ РОССИИ

Матишов Д.Г. Уровни и закономерности накопления искусственных радионуклидов в заливах Восточного Мурмана и Азовском море // *Материалы конференции молодых ученых ММБИ* (*Мурманск*). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 56–62.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Антропогенные радионуклиды в донных отложениях Азовского моря // *Доклады Академии наук*. 1998. Т. 363. № 5. С. 673–677.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Намятов А.А. Содержание искусственных радионуклидов в донных отложениях Азовского моря // *Современное развитие эстуарных экосистем на примере Азовского моря*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. С. 249–270.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Намятов А.А. Содержание стронция-90 и плутония-239, 240 в донных осадках Азовского моря // *Доклады Академии наук*. 1999. Т. 368. № 4. С. 552–554.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Намятов А.А., Рисик Н.С., Буфетова М.В. Радиоактивное загрязнение морской среды // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 369–398.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Лебедева Н.В., Буфетова М.В., Намятов А.А. Антропогенные радионуклиды в воде и биоте Азовского моря // *Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море*. Апатиты, 2001. С. 187–195.

Матишов Д.Г. *Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах: автореф. дис. … д-ра геогр. наук*. СПб., 2001. 50 с.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. *Радиационная экологическая океанология.* Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 417 с.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Намятов А.А., Павлова Л.Г. Искусственные радионуклиды и биота Азовского моря // *Известия АН. Серия географическая*. 2002. № 1. С. 67–71.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Лебедева Н.В., Намятов А.А.., Буфетова М.В. Содержание искусственных радионуклидов в воде и биоте Азовского моря (по результатам наблюдений 1999–2000 гг.) // *Океанология*. 2003. Т. 43. № 2. С. 194–198.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Буфетова М.В., Касаткина Н.Е., Моисеев Д.В. Радиоэкологические исследования Азовского моря (по результатам экспедиции 2001 года) // *Доклады Академии наук*. 2003. Т. 391. № 2. С. 247–249.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Лебедева Н.В. Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева и Азовского морей // *Доклады Академии наук*. 2003. Т. 389. № 3. С. 424–426.

Matishov D.G., Matishov G.G. *Radioecology in Northern European Seas*. Springer, 2004. 337 p.

Matishov D.G., Matishov G.G., Kasatkina N.E. ^{137}Cs exchange processes in the Azov sea. *International Conference on Isotopes in Environmental Studies – Aquatic Forum 2004. Monte-Carlo, Monaco, 25–29 October 2004*. P. 343–344.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Буфетова М.В., Бердников С.В. Структура потоков радионуклидов в Азовском море (1986–2000 гг.) // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2004. № 3. С. 84–91.

Матишов Д.Г. Искусственные радионуклиды в морских экосистемах // *Вестник Южного научного центра*. 2004. Т. 1. № 1. С. 70–80.

Матишов Д.Г., Буфетова М.В., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Современные тенденции изменения концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде и донных отложениях Азовского моря // *Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна*. Т. VI. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 99–105.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Динамика радиоактивного загрязнения донных отложений Баренцева, Белого и Азовского морей // *Доклады Академии наук*. 2004. Т. 396. № 3. С. 394–396.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г. Актуальность исследования водной системы Маныч-Чограй // *Маныч-Чограй: история и современность* (*предварительные исследования*). Ростов н/Д: Изд-во Эверест, 2005. С. 5–11.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В. Состояние воспроизводства рыбы и пути возрождения биоресурсов Азовского моря // *Вестник Южного научного центра*. 2005. Т. 1. № 4. С. 30–38.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Беспалова Л.А., Ивлева О.В., Коломиец Н.А. Литолого-геоморфологические процессы в прибрежной зоне Азовского моря и Керченского пролива (коса Тузла) // *Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива*. Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 70–80.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Новый проект сооружений водной транспортной магистрали Азов – Каспий (Евразия) // *Маныч-Чограй: история и современность* (*предварительные исследования*). Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2005. С. 130–134.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Моисеев Д.В., Ильин Г.В., Вербицкий Р.Е., Ерохин В.В. Результаты экспедиционных океанографических исследований Азовского и прилегающей части Черного морей в 1997–2004 гг. // *Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива.* Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 19–70.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Узденов А.М. Некоторые пути охраны водных ресурсов и сохранения биоразнообразия // *Маныч-Чограй: история и современность* (*предварительные исследования*). Ростов н/Д: Изд-во Эверест, 2005. С. 134–137.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С., Куклина М.М. Анализ распространения искусственных радионуклидов в экосистеме Баренцева моря // *Доклады Академии наук*. 2005. Т. 404. № 4. С. 570–573.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Кондаков А.А. Мониторинг водных экосистем Азова, Маныч-Чограя и Северного Каспия // *Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива*. Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 11–19.

Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Формирование гидролого-гидрохимического режима водоемов Маныча // *Маныч-Чограй: история и современность* (*предварительные исследования*). Ростов н/Д: Изд-во Эверест, 2005. С. 20–36.

Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е., Бердников С.В. Опыт применения математических моделей для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря // *Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфов морей*. М.: Наука, 2005. С. 184–197.

Ponomarev S., Ponomareva E., Matishov D. Use of fodders with food attractants for feeding the sturgeon fishes. Abstract submission for AQUA 2006 – Firenze (Florence), Italy (*May 9–13, 2006, Fortezza da Basso Convention Centre*). 2006. P. 47.

Матишов Д.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Сорокина В.В., Ивлиев П.П. Современные скорости абразии и состояние берегоукрепительных сооружений российского побережья Азовского моря // *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. 1: Геология.* Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 151–164.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Современные особенности солевого режима водоемов бассейна реки Маныч // *Доклады Академии наук*. 2006. Т. 406. № 3. С. 361–363.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Дашкевич Л.В., Бердников С.В., Баранова О., Левитус С., Смоляр И. *Климатический атлас Азовского моря 2006*. Silver Spring, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, 2006. 78 с.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Радиоэкология арктических и южных морей России // *Океанологические и биологические исследования арктических и южных морей России* (*к 70-летию Мурманского морского биологического института*). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 412–433.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Лужняк В.А., Чипинов В.Г., Казарникова А.В. *Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 72 с.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Комплексные экспедиционные исследования Азовского филиала Мурманского морского биологического института Кольского и Южного научных центров Российской академии наук в южных морях России в 2005 году // *Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей*. Т. VIII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 11–17.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В., Лебедева Н.В., Инжебейкин Ю.И., Поважный В.В, Кренева К.В., Ковалева Г.В., Соейр В.Г., Савицкий Р.М., Калинкин Б.Д., Липкович А.Д. *Комплексные экосистемные исследования Азовского моря в зимний период* (*2003–2006 гг.*). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 98 с.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Фуштей Т.В., Руднев М.И., Сойер В.Г., Зимаков Д.В. Обнаружение токсинов цианопрокариот в планктоне Нижнего Дона методом масс-спектрометрии // *Вестник Южного научного центра*. 2006. Т. 2. № 2. С. 75–78.

Матишов Д.Г., Ильин Г.В., Моисеев Д.В. Закономерности формирования гидрологической структуры и гидродинамики Таганрогского залива // *Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей*. Т. VIII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 49–58.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Экспедиционные исследования АФ ММБИ КНЦ РАН и ЮНЦ РАН на юге России в 2006 г. // *Экосистемные исследования Азовского, Чёрного и Каспийского морей и их побережий*. Т. IX. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. С. 10–14.

Матишов Д.Г., Ильин Г.В., Моисеев Д.В. Сезонная термохалинная изменчивость водных масс в Таганрогском заливе Азовского моря // *Вестник Южного научного центра*. 2007. Т. 3. № 1. С. 28–35.

Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е., Бердников С.В. Математическое моделирование динамики ^{137}Cs в воде и донных отложениях Азовского моря в период 1960–2006 гг. // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества* (*ЧЭС*). 2007. № 2. С. 20–27.

Матишов Д.Г., Милютин Д.Л., Милютина Н.П., Громов В.В., Прокофьев В.Н., Тимофеева И.В., Бессонов О.А., Небабина Е.И., Внуков В.В. Лягушка озерная *Rana ridibunda* как тест-система радиационного загрязнения пресных вод // *Экосистемные исследования Азовского, Чёрного и Каспийского морей и их побережий*. Т. IX. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. С. 223–237.

Матишов Д.Г., Орлова Т.А., Гаргопа Ю.М., Павельская Е.В. Многолетняя изменчивость гидрохимического режима водной системы Маныч-Чограй // *Водные ресурсы*. 2007. Т. 34. № 5. С. 560–564.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Морская экспедиционная деятельность Южного научного центра РАН в 2004–2005 гг. // *Океанология*. 2007. Т. 47. № 3. С. 469–472.

Matishov D.G., Kasatkina N.E., Berdnikov S.V. Reconstruction of 137Cs dynamics in water, bottom sediments of the Sea of Azov with use of mathematical modeling. *Abstracts of International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity*. Norway, Bergen, 15–12 June 2008. Posters proceeding. Part 2. P. 216–219.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Сорокина В.В., Левитус С., Смоляр И.В. Внутривековые флуктуации климата Азовского моря (по термохалинным данным за 120 лет) // *Доклады Академии наук*. 2008. Т. 422. № 1. С. 106–109.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Климатогенные изменения экосистем южных морей в условиях антропогенных воздействий // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2008. № 3. С. 26–34.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Инжебейкин Ю.И. Влияние сейш на формирование экстремальных уровней и течений в Азовском море // *Вестник Южного научного центра*. 2008. Т. 4. № 2. С. 46–61.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Моисеев Д.В., Кулыгин В.В. Учет специфики термохалинных градиентов при СТД-профилировании моря // *Вестник Южного научного центра*. 2008. Т. 4. № 2. С. 34–45.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Казарникова А.В., Коваленко М.В. *Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 112 с.

Матишов Д.Г., Пряхина Г.В., Федорова И.В., Сорокина В.В. Современный сток воды и наносов в дельте реки Дон (по результатам экспедиционных исследований) // *Вестник Южного научного центра*. 2008. Т. 4. № 3. С. 72–77.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.И., Дашкевич Л.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В., Архипова О.Е., Чикин А.Л., Шабас И., Баранова О., Смоляр И. *Климатический атлас Азовского моря 2008* [*Climatic Atlas of the Sea of Azov*]. International Ocean Arlas and Information Series, Volume 11 NOAA Atlas NESDIS 65. Silver Spring: Wolrd Data Center for Oceanography, 2008. 148 p.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Климатогенные изменения экосистем южных морей в условиях антропогенных воздействий // *Известия РАН. Серия географическая*. 2008. № 3. С. 26–34.

Касаткина Н.Е., Бердников С.В., Матишов Д.Г. Применение математического моделирования для оценки радиоэкологической ситуации в Азовском море // *Труды Южного научного центра РАН. Т. 4: Моделирование и анализ гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2009. С. 172–186.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г. Новые принципы представления циркуляции вод Азовского моря // *Труды Южного научного центра РАН. Т. 4: Моделирование и анализ гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2009. С. 196–203.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Сорокина В.В., Левитус С., Смоляр И.В. Флуктуации климата Азовского моря (анализ термохалинных данных за 120 лет) // *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. 4: Моделирование и анализ гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 88–92.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Инжебейкин Ю.И. Исследование сейшевых колебаний уровня и течений в Азовском море с использованием численной гидродинамической модели // *Труды Южного научного центра РАН. Т. 4: Моделирование и анализ гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 131–154.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Инжебейкин Ю.И. Трансграничные аспекты мониторинга и управления природно-техногенными системами в Азово-Черноморском бассейне // *Труды Морского гидрофизического института НАНУ. Т. 19: Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 36–43.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В., Аксёнов Д.С. Комплексные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей на научно-исследовательском судне «Денеб» в 2007 г. // *Океанология*. 2009. Т. 49. № 2. С. 313–318.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Сорокина В.В., Цыганкова А.Е., Сапрыгин В.В., Яицкая Н.А. Разработка методов и математических моделей комплексной оценки воздействия нефтегазодобычи на экосистему Северного Каспия // *Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 222–245.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Дашкевич Л.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В., Архипова О.Е. Методология и опыт разработки климатических атласов // *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том 4: Моделирование гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 21–48.

Матишов Д.Г., Моисеев Д.Н., Кулыгин В.В. Учет специфики термохалинных градиентов при СТД-профилировании) // *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. 4: Моделирование гидрологических процессов в Азовском море*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 60–74.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Савицкий Р.М. Влияние аварий судов в Керченском проливе на среду и биоту // *Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей*. М.: Научный мир, 2010. С. 598–612.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Дашкевич Л.В. Замерзание Азовского моря и климат в начале XXI века // *Вестник Южного научного центра*. 2010. Т. 6. № 1. С. 33–40.

Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Елисеева О.И. Современный гидрохимический режим водоемов и водотоков Кумо-Манычской впадины в условиях изменений климата и антропогенных воздействий // *Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России: сб. науч. ст*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 102–113.

Соловьев А.Н., Хартиев С.М., Соловьева А.А., Григоренко К.С., Матишов Д.Г. Исследование характеристик внутренних гравитационных и звуковых волн на основе «Климатического атласа Арктики 2004» // *Вестник Южного научного центра*. 2010. Т. 6. № 1. С. 24–32.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Ковалева Г.В., Викрищук А.В. Риски реализации проектов геологоразведки и нефтедобычи в условиях сероводородной зоны Чёрного моря // *Вестник Южного научного центра*. 2011. Т. 7. № 1. С. 59–64.

Хартиев С.М., Соловьев А.Н., Матишов Д.Г. Условия устойчивости внутренних волн в непрерывно стратифицированных турбулентных течениях с вертикальным сдвигом скорости // *Вестник Южного научного центра*. 2011. Т. 7. № 3. С. 44–45.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Морские экспедиционные исследования Южного научного центра РАН и Института аридных зон на НИС «Денеб» в 2007–2011 гг. // *Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: сб. ст.* (*по мат-лам российско-украинского семинара, Ростов-на-Дону, 6–8 июня 2011 г.*) / гл. ред. акад. Г.Г. Матишов, акад. В.А. Иванов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. С. 17–28.

Хартиев С.М., Григоренко К.С., Соловьева А.А., Матишов Д.Г. Необходимое условие существования квазипериодических нелинейных внутренних волн в непрерывно стратифицированном море переменной глубины // *Вестник Южного научного центра*. 2012. Т. 8. № 1. С. 23–27.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г. Современные природные и социальные риски в Азово-Черноморском регионе // *Вестник Российской академии наук*. 2013. Т. 83. № 12. С. 1059.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г. Основные направления морских экосистемных исследований Мурманского морского биологического института в Арктике // *Труды Кольского научного центра РАН*. 2013. № 1 (14). С. 25–42.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Морские экспедиционные исследования Южного научного центра РАН и Института аридных зон на научно-исследовательском судне «Денеб» в 2008–2011 гг. // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 2. С. 276.

Хартиев С.М., Морозов Е.Г., Григоренко К.С., Матишов Д.Г., Соловьев А.Н., Соловьева А.А. Внутренние волны в стратифицированном море при наличии слоев плотностных инверсий // *Доклады Академии наук*. 2013. Т. 448. № 1. С. 92–96.

Ковалева Г.В., Поважный В.В., Золотарева А.Е., Макаревич П.Р., Матишов Д.Г. Ледовое сообщество микроводорослей в Таганрогском заливе Азовского моря // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 5. С. 659–664.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. Оценка современного состояния экосистемы Черного моря (Республика Абхазия) // *Доклады Академии наук.* 2014. Т. 454. № 6. С. 715–719.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Шевердяев И.В. *Обстоятельства затопления Олимпийской деревни в Адлере. Отчет о результатах экспедиции по маршруту Туапсе – Сухуми* (*01–08.08.2015*) / под общ. ред. С.Г. Парады. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015.

Матишов Д.Г., Стахеев В.В., Чирак Е.Л., Глущенко Г.Ю. Метагеномный анализ структуры бактериального сообщества Азовского моря // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 5. С. 770.

Куклин В.В., Куклина М.М., Усягина И.С., Матишов Д.Г. Особенности физиолого-биохимического ответа рыбоядных птиц на паразитарное заражение и загрязнение местообитаний в Восточном Приазовье // *Наука Юга России* (*Вестник Южного научного центра*). 2016. Т. 12. № 1. С. 51–60.

ДМИТРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ МАТИШОВ. О СЕБЕ. О ПРОФЕССИИ. О ЖИЗНИ (ВЫДЕРЖКИ ИЗ ИНТЕРВЬЮ)

…Своей работой мы должны опровергнуть мнение, что науки на юге России нет. Аридные зоны наиболее уязвимы с точки зрения экологии засушливых территорий. С одной стороны, здесь есть ресурсный потенциал, с другой – они плотно заселены и интенсивно осваиваются. И все это в условиях опасных природных явлений: сейсмоактивность, снежные лавины, паводки, сели, засухи, пыльные бури, вспышки численности насекомых-вредителей. Проблемы связаны не только с горной и равнинной частью страны, но и влияют на состояние Азовского, Каспийского, Чёрного морей. Конечно, такие негативные моменты свойственны многим регионам России, но наиболее ярко они выражены в Южном федеральном округе.

Из интервью Е. Понариной, общероссийская газета «Поиск», 2005 г.

…С первого сентября 2004 года Южный научный центр Российской академии наук (ЮНЦ РАН) и геолого-географический факультет РГУ приняли десять студентов-третьекурсников на базовую кафедру океанологии по специализации «география океана». Первый день учебного 2004/2005 года стал для ребят по-настоящему незабываемым. Вместе со своими педагогами на научно-исследовательском судне «Профессор Панов» первокурсники вышли в Таганрогский залив.

…На летней практике вместе с нашими студентами в Таганрогский залив отправились ученые Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН. Ну а после морской – сразу в береговую экспедицию, которая пройдет теперь уже на российском побережье Азовского моря. С лекциями выступит один из корифеев морской науки, заведующий кафедрой океанологии Санкт-Петербургского университета, профессор Виктор Ионов.

Из интервью В. Белоцерковской, «Российская газета – Юг», 2005 г.

…Возможности нашей лаборатории незаменимы при разработке ранних методов диагностики рака и поиске эффективных методов его лечения. Ведь, как известно, при появлении опухоли в организме в кровь выделяются продукты метаболизма, присущие только ей, – рассказал Д. Матишов. – Это своеобразные «сигнальщики» – маркеры. По их появлению можно выявлять заболевание на его ранней стадии, когда велики шансы на выздоровление. В некоторых случаях возможно даже обойтись без операций.

Из интервью «Российской газете», 2008 г.

…Наступает время, когда затягивает рутина, и прыжки с парашютом помогают не стать с возрастом «одуванчиком». Парашютисты – интересные ребята, классные профессионалы, которые умеют работать. Кроме того, прыжок с четырёх тысяч метров будоражит кровь, даёт ощущение полёта, свободы. А если ещё прыжок затяжной… Трудно передать, что чувствуешь. Тот, кто хотя бы раз прыгал, поймёт меня. Я искренне завидую тем людям, которые ещё ни разу не прыгали. Они переживают, ждут чего-то необычного, боятся. А потом прыгают, и всё

остается позади. Ещё прыжок, третий, пятый, десятый, сотый. А дальше что? В науке каждый раз надо ставить новую задачу, преодолевать себя и идти дальше, к неизведанному. Этим и хороша наука, она даёт возможность постоянно испытывать новые ощущения, новые эмоции, получать новые знания. Разве это не прекрасно?!

…На выбор профессии повлияла атмосфера творческого труда, которую мой отец всегда создавал. Есть прекрасная поговорка: глаза боятся, а руки делают. Он придерживается этого принципа, а следовательно, и люди вокруг него действуют точно так же. Нельзя раскисать, просто надо работать. Это главное лекарство в жизни от всех болезней и напастей.

…Мы всегда вместе с океаном – и в жизни, и в науке. В трудные 1990-е годы коллектив Мурманского морского биологического института, который возглавлял отец и в котором много лет проработал и я, стал работать еще энергичней и эффективней. Такую возможность, конечно же, дал океан. Перед нами встала дилемма: жить по-старому и потихоньку исчезнуть или перестроиться и, учитывая новые условия, войти со своими разработками в рынок? Мы приняли участие в исследованиях океанического шельфа, начали помогать нефтяникам и газовикам. В то же время ни на минуту не забывали о фундаментальных исследованиях, на которых и держится современная наука.

…На самом деле меня можно назвать человеком мира. Могу сказать, что я из Москвы, из Питера, из Мурманска, из Ростова-на-Дону и так далее. Все эти города считаю своей «малой родиной». Ну и суда, на которых ходил по морям и океану, участвуя в разных экспедициях. География – наука безмерной широты, и она даёт возможность побывать в разных точках земного шара. Это особенность профессии.

…В 1986 году, когда произошли события в Чернобыле, интерес к радиохимии существенно возрос. Я начал заниматься искусственными радионуклидами. В начале 1990-х «атомный Север», в том числе и Новую Землю, полностью открыли для исследователей. Наши работы по изучению радиоактивности в этом регионе были востребованы. Наметился и ряд фундаментальных проблем, в частности, нам предстояло выяснить, что происходит с радиоактивным веществом в морской среде, как оно трансформируется. Баренцево море – это и гигантское водное пространство, и очень разнообразный мир, который мы изучали пятнадцать лет. Мы вели измерения в море час за часом, день за днём, месяц за месяцем.

…Для сегодняшнего дня создание и существование Южного научного центра РАН – безусловно, положительное событие. Вокруг него собираются люди, которые хотят сделать что-то полезное. Сейчас в системе Академии наук вполне можно найти интересную работу.

…Когда в 2001-м меня избрали в Академию, честно говоря, для меня всё это было игрой. Я не ставил перед собой цель обязательно быть избранным, вовсе нет. Помню, как месяца за полтора до выборов нас всех собрал известный океанолог академик М.Е. Виноградов. Это была конференция, на которой каждый из претендентов делал доклад. Было до десяти человек на одно место, и каждый понимал, что шансов на избрание очень мало. Но меня волновало не это. Мой доклад выслушала уважаемая аудитория – специалисты высокого класса, которые понимали суть проблемы. Потом были вопросы, интересное обсуждение. Вот что приносит удовлетворение. Если бы меня не избрали, то я особенно не переживал бы. Но приятно, не скрою, что это случилось, потому что членство в Академии открывает новые возможности в работе.

…Я хотел бы, чтобы у людей не пропал интерес ко всему новому. И тогда в повседневной рутине они будут помнить, что есть масса очень важных и интересных вещей, которыми стоит заниматься. Если это будет так, то судьба Южного научного центра сложится счастливо, так же, как судьба Сибирского, Уральского и Дальневосточного центров нашей Академии.

По крайней мере, я хотел бы этого. На мой взгляд, рождение и развитие Южного научного центра РАН свидетельствует о том, что наука жива, идёт вперёд и у неё в России хорошее будущее.

Из интервью В. Губареву, научно-популярный журнал «Наука и жизнь», 2008 г.

…Есть вещи, которые касаются каждого. Отмахнуться нельзя: не ты болен, так беда у родственника, у приятеля. Тысячи клиницистов и исследователей работают по всему миру, пытаясь победить рак. А результат?

…У нас все складывалось по-другому: когда формировался ЮНЦ, нам достались какие-то ящики с оборудованием, которое в свое время заказывали разные команды для Межвузовского научного центра – одно время его собирались создать на юге России. Никто толком не знал, что с этой техникой делать, куда ставить. Помещения-то были – развалюхи… Меня же всегда волновало: годы идут, а как было много запущенных онкозаболеваний, так и есть… И у нас, и за рубежом. Мы полгода штудировали литературу на эту тему. Сейчас науке не важно, где ты географически находишься. Если есть доступ к первоисточникам, то легко можно определить, где сегодня ведут важнейшие исследования, в чем их суть и есть ли там место для твоих идей. Наше место мы определили в дискуссиях.

…Соратников я искал в Москве среди специалистов по физико-химической медицине, среди клиницистов-урологов Ростовского медуниверситета, среди молодых выпускников вузов ЮФО… Нам главное было выстроить эксперимент. Какой? Работа мозаичная, картинка складывается только когда все детали вместе… Сложность же в том, что эксперимент на грани того, что известно, а что нет. И надо не пройти мимо артефактов, происхождение которых еще непонятно. Это – творчество, а не полет пилота по известному маршруту на знакомом самолете.

…На планете каждый четвертый человек болеет раком. По количеству летальных исходов онкозаболевания на втором месте среди всех недугов и пробиваются на первое. И из всей локализаций самые частые: у женщин – рак молочной железы, а у мужчин – рак простаты. Но почему рак поражает одного человека, а другого обходит стороной, человечество до сих пор не знает. Есть только предположения.

…Изучая литературу, мы нашли, что физиолог Ехуда Шоенфельд, профессор из университета в Тель-Авиве, ведет подобные работы. Он номинировался на Нобелевскую премию. Мы списались, он приехал к нам, мы поделили исследовательскую работу с пожеланием «докопайтесь до конца»… и теперь движемся быстрее, делая каждый свою часть. Профессор Шоенфельд заметил, что внутривенное введение иммуноглобулинов замедляет метастазирование, а иногда полностью купирует развитие раковых опухолей. Он набрал статистику, показал положительную роль иммунной системы в лечении онкозаболевания. Вроде банальный тезис, но за ним – надежда миллионов. Если вы на ранних стадиях определяете рак и вводите иммуноглобулины, то вы можете перекрыть ему все возможности для роста и распространения.

Из интервью Е. Понариной, общероссийская газета научного сообщества «Поиск», 2009 г.

…Онкология – это многофакторная вещь, здесь нужны куда более сложные подходы. Искать их и призвана фундаментальная наука, где на решение одной задачи направлено всё: профессиональная подготовка специалистов различного профиля, материальная база, современное оборудование, своевременное финансирование, четкая согласованность действий, ответственность, увлеченность, приверженность идее. Сегодня в лабораториях ЮНЦ работают прекрасные люди, есть у нас и талантливые соратники в других научных

организациях. Отсюда и уверенность в том, что коллектив сможет решать самые сложные задачи. Сотрудничает с нами в этом талантливый клиницист, профессор РостГМУ Михаил Иосифович Коган и его команда. Я хочу, чтобы молекулярно-биологическая лаборатория ЮНЦ была профессиональной, чтобы не было стыдно перед коллегами, чтобы наша работа принесла реальную пользу.

Из интервью И. Белоцерковской, ростовский городской журнал «Барометр здоровья», 2009 г.

…Мы делаем не ростовскую или российскую науку. Наука не имеет границ. Но если вернуться к институту, у нас есть группа, которая занимается изучением механизмов регуляции клеточного цикла… 25 марта в ЮНЦ РАН пройдет конференция «Молекулярно-генетические подходы в таксономии и экологии», на которую соберутся специалисты со всей России. Ростовским ученым будет представлена хорошая возможность прорецензировать свою работу и посмотреть, как работают ведущие специалисты страны. Ведь открытая система получает поводы для своего развития, сравнивая свою работу с другими.

Из интервью В. Волошиновой, ростовская областная газета «Молот», 2013 г.

…Дискуссии вокруг ГМО идут во многом из-за того, что люди не совсем понимают, о чем идет речь. Существует много фирм, производящих семена с отличными характеристиками. Если вы их посеете – гарантирован стопроцентно высокий урожай. Но беда в этом случае в том, что так можно сделать лишь один раз. Семян от нового урожая вы уже не получите. Нужно вновь обращаться к их производителю, который хранит свои секреты за семью печатями. В итоге возникает зависимость целых стран, «подсевших» на такие семена ГМО, от их фирм-производителей, возникают вопросы продовольственной безопасности и т.д. Развивая эту тему, несложно предположить: нынешние запреты на собственную ГМО-индустрию в АПК лишь усиливают опасность такого развития событий, появления зависимости наших аграриев от западных «семеноводов». И лучше наладить собственную индустрию подобного семеноводства, нежели пребывать в тумане заблуждений, сгущать который, вполне вероятно, выгодно лишь нашим конкурентам.

Из интервью Г. Белоцерковскому, региональный журнал «Национальные приоритеты», 2014 г.

…Мы разрабатываем методы ранней диагностики онкозаболеваний, основанные на определении экспрессии микроРНК в плазме крови. Конечно, для создания надежных тестов нужно иметь большую выборку. В этом направлении мы сотрудничаем с коллегами из Ростовского государственного медицинского университета и Ростовского научно-исследовательского онкологического института. Есть первые результаты работы, длившейся около четырех лет. В этом году вышли две статьи в журнале «Генетика». Мы получили патент на идентификацию специфических изоформ белка, возникающих в плазме крови заболевших раком простаты – локальным либо распространенным.

…Как известно, даже при использовании существующих сегодня методов точный диагноз, особенно на ранней стадии заболевания, многократно увеличивает шансы на выздоровление. Но уже скоро могут кардинально измениться и сами эти методы. При этом медицина должна стать персонифицированной. Для каждого больного будет найден свой набор «сбойных» микроРНК. Над этим думают сейчас европейцы, американцы, китайцы, россияне, в том числе и ростовчане.

Из интервью Г. Белоцерковскому, общероссийская газета научного сообщества «Поиск», 2014 г.

…Я пришёл в биологию из науки об океане – заканчивал кафедру океанологии Ленинградского университета. Океан – это огромная система со сложными связями и с разными масштабами процессов. Между биологией и океаном много аналогий, и бывает так, что лучше быть непрофессионалом и задавать вопросы, чем говорить штампами, звонкими фразами и идти по накатанной дорожке. То, чем я занимаюсь, живой процесс, очень творческий. У нас есть идеи, есть эксперимент, в котором мы можем свои желания и идеи проверить. А что ещё нужно настоящему учёному?!

Из интервью В. Губареву, научно-популярный журнал «Наука и жизнь», 2015 г.

Е. Понарина, общероссийская газета «Поиск», 2009 г.:

…Дмитрий Матишов говорит, будто себе объясняет, почему он, океанолог по университетскому образованию, ударился в проблемы онкологии. А я смотрю на этого человека, увлекающегося троеборьем (бег, велосипед, плавание), прыжками с парашютом, альпинизмом, и пытаюсь понять, зачем ему нужна эта нетореная тропа. Шесть лет как он – член-корреспондент РАН, ну и занимался бы своими морскими млекопитающими, биоресурсами российских акваторий, в конце концов, всем, что касается экосистем Южного федерального округа, где последние годы работает, и не совался туда, куда новичков пускать не любят. Там царство корифеев, а он – в Ростове! – осмелился создать молекулярно-биологическую лабораторию, в которой с группой молодых специалистов занимается изучением онкотрансформации клетки. Гарантий, что там ждет победа, никаких. Для такого рода занятий и в России, и во всем мире существуют институты, возглавляемые известными медиками-онкологами.

И. Белоцерковская, ростовский городской журнал «Барометр здоровья», 2009 г.:

…Среди наиболее перспективных направлений – разработка клеточных технологий и создание скрининговых тест-систем, которые по анализу крови смогут рассказать обо всем, что происходит в нашем организме. Группа ученых Южного научного центра Российской академии наук нашла в этом поиске свою нишу. Один из тех, кто пустился в эксперимент и увлек за собой целую команду таких же романтиков, – директор Института аридных зон ЮНЦ РАН Дмитрий Матишов. Романтиком его можно назвать уже потому, что Дмитрий Матишов никогда не искал легкой жизни. После окончания Санкт-Петербургского университета стал работать в условиях Заполярья в Мурманском морском биологическом институте РАН, занимался радиоэкологией морских акваторий, стал автором многих научных работ, членом-корреспондентом РАН, а потом, вместо того, чтобы «почивать на лаврах», решился ступить на новую, еще более трудную стезю, создал при Южном научном центре молекулярно-биологическую лабораторию, где сегодня изучают механизмы онкотрансформации клетки. Исследователи верят, что наступит тот день, когда скальпель хирурга-онколога заменит вакцина, когда с помощью клеточных технологий можно будет восстанавливать больные ткани и органы, не допуская развития тяжелой патологии, а для ранней диагностики рака будет достаточно нескольких капель крови.

Е. Козлова, федеральная газета «Медицинский вестник», 2009 г.:

Согласно статистике, представленной Всемирной организацией здравоохранения, от рака на планете ежегодно погибает 6 млн человек. К 2030 году это число может удвоиться. А потому проблемой борьбы с коварным недугом занимаются сотни лабораторий, научных центров и целых институтов. Молекулярно-биологическая лаборатория Южного научного центра РАН в этом поиске тоже нашла свою нишу. Уже третий год ученые, в числе которых медики, биологи, фармакологи, генетики, химики, ведут исследования нового способа диагностики рака.

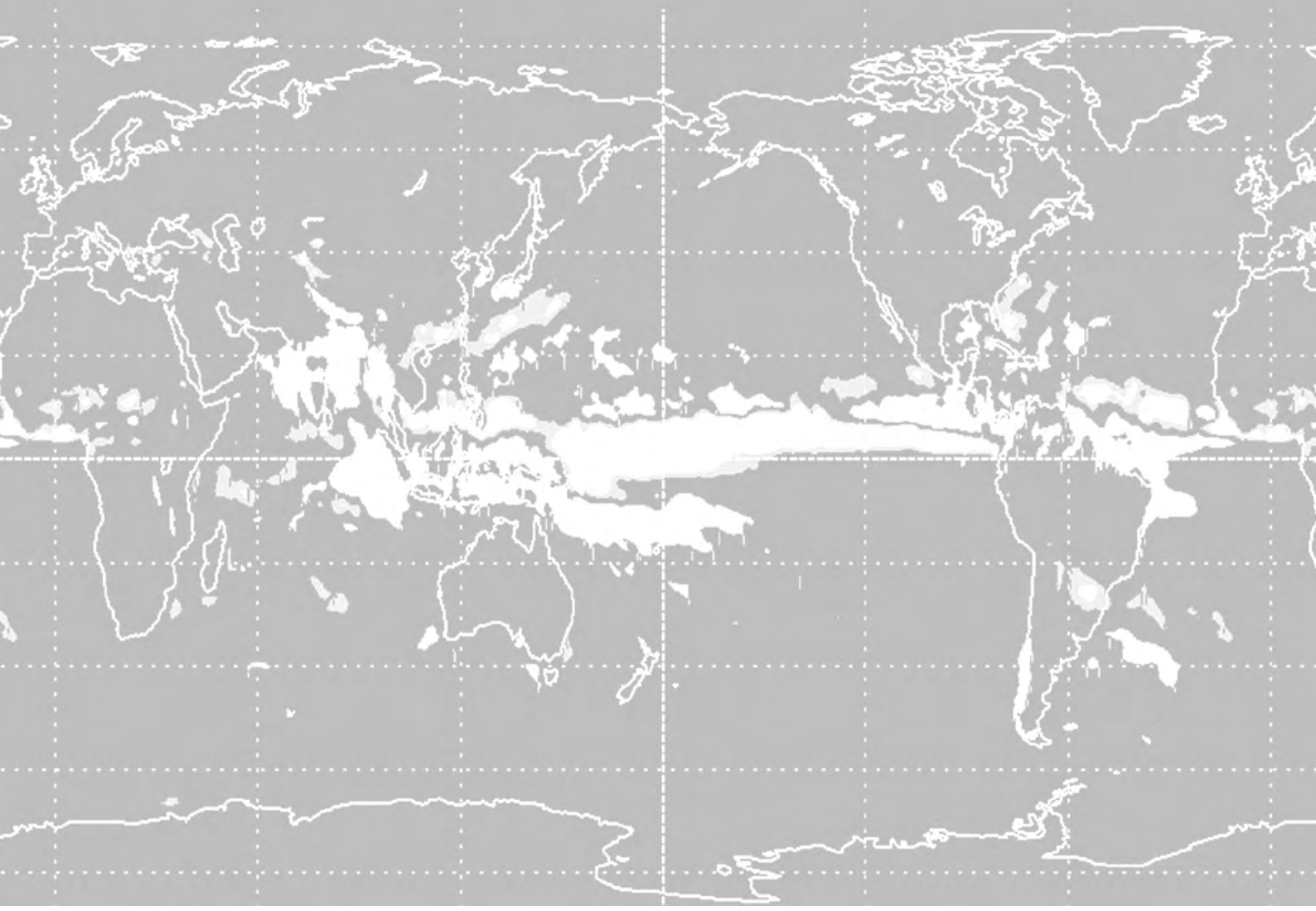
В основе разработанной учеными методики – новый взгляд на процесс возникновения опухоли. Ученые лаборатории тесно сотрудничают с коллегами из Ростовского государственного медицинского университета.

Наверное, поэтому исследованиями донских ученых заинтересовался всемирно известный ученый и клиницист, руководитель Центра аутоиммунных заболеваний медицинского центра им. Хаима Шеба Тель-Авивского университета (Израиль), профессор Иехуда Шонфельд. Сейчас профессор руководит лабораториями, занимающимися диагностикой и лечением аутоиммунных заболеваний. Эти лаборатории расположены в США, Канаде и Израиле. Посетив Ростов-на-Дону и ознакомившись с научными работами ростовских ученых, он был рад найти в столице Дона единомышленников.

Сост. В.В. Белоцерковская, пресс-служба ЮНЦ РАН

РАЗДЕЛ 1

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА: ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ



О РЕЗКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С ТЕРМОХАЛИННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Е.А. Аверьянова[1], А.Б. Полонский[1], В.Ф. Санников[2]

[1] Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия
[2] Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
eisal@mail.ru, apolonsky5@mail.ru, vf_sannikov@mail.ru

Термохалинная циркуляция (ТХЦ) – это часть глобальной циркуляции, которая обусловлена глобальными меридиональными градиентами плотности, создаваемыми потоками тепла и влаги на поверхности океана. Современный режим ТХЦ подробно описан в [Rahmstorf, 2006]. Предположения о принципиальной возможности резкого изменения интенсивности ТХЦ в Атлантике высказывались еще более 100 лет назад – см. обзор [Weaver et al., 1999], ссылки в нем. В 1961 г. Стоммел [Stommel, 1961] в своей пионерской работе на основе двухбоксовой модели показал возможность существования нескольких режимов ТХЦ в идеализированном океане. Позднее эта идея была подтверждена в рамках трехмерной океанической модели и совместной модели системы океан – атмосфера [Bryan, 1986; Manabe, Stouffer, 1988]. Обычно переходы между режимами ТХЦ вызываются изменениями гидрологического цикла, приводящими к резким возмущениям вертикальной стратификации вод и интенсивности термохалинной конвекции (например, [Huang et al., 1992; Tziperman, 2000]). Подтверждения идеи о мультирежимах получены в работах, анализирующих палеоданные. Они свидетельствуют о том, что за последние 120 тыс. лет реализовывались следующие типы резких климатических изменений: осцилляции Дансгора – Эгшера (или Д/О-осцилляции), события Хайнриха, Поздний Дриас (рис. 1). ***Д/О-осцилляции*** – вероятно, наиболее частые и явно выраженные проявления резких климатических изменений. Анализ Гренландских ледовых кернов показал, что Д/О-цикл начинается с Д/О-событий – резких потеплений (на 5–10 °С за несколько десятилетий). За Д/О-событиями следовали Д/О-стадиалы или Д/О-похолодания – периоды медленного снижения приземной температуры продолжительностью в несколько столетий.

События Хайнриха характеризуются специфическими слоями донных отложений в Северной Атлантике, насыщенными обломочным айсберговым материалом. Слои Хайнриха сформировались вследствие эпизодов катастрофической айсберговой разгрузки («выбросов» большого количества айсбергов в океан) вследствие сёрджа Ледниковых щитов. Периодичность событий Хайнриха варьирует в интервале от 5 до 10 тыс. лет. Последнее из наиболее резких глобальных климатических изменений, выделяемое по палеоданным, – ***Поздний Дриас*** (12,85–11,65 тыс. лет до настоящего времени (до н.в.)), внезапное возвращение к около-ледниковым температурам в высоких широтах Северной Атлантики, которое длилось ~1000 лет. Оно наблюдалось в начальный переходный период от последнего ледникового периода к Голоцену. Иногда Поздний Дриас называют нулевым событием Хайнриха. Поздний Дриас закончился резким потеплением (Голоценом). В Позднем Дриасе вода, образовавшаяся вследствие таяния Лаврентийского ледового щита, в конце последнего ледникового периода накапливалась в озере Агассис, и далее через Великие американские озера и бассейн реки Св. Лаврентия попадала в Северную Атлантику [Alley, 2007; Masson-Delmotte et al., 2013].

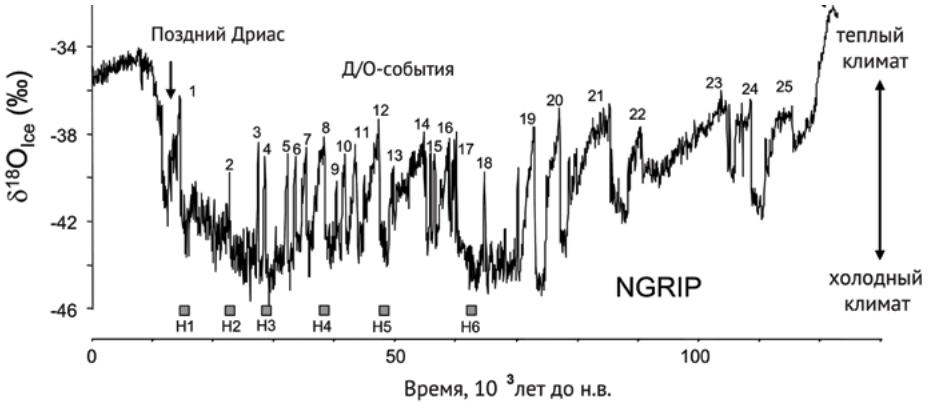


Рис. 1. Относительное содержание изотопа кислорода-18 (δ^{18}18O) в ледовых кернах по данным проекта North Greenland Ice Core Project – NGRIP [Andersen et al., 2004]. На рисунке отмечено последнее резкое похолодание – Поздний Дриас, Д/О-события пронумерованы (1–25), события Хайнриха также пронумерованы (H1–H6). Рисунок из [Clement, Peterson, 2008]

Имеются надежные свидетельства широтных сдвигов областей термохалинной конвекции в Северной Атлантике, уменьшения интенсивности или даже полного прекращения формирования Североатлантической глубинной водной массы (САГВ), приводящих к резким изменениям величины меридионального переноса тепла и сопутствующим изменениям климатической системы (например, [Boyle, 2000; Clement, Alley, 2007; Peterson, 2008], и ссылки в них). Таким образом, кроме современного режима ТХЦ в Атлантическом океане за последние 120 тыс. лет имели место холодный режим и режим Хайнриха. При ***холодном режиме*** (рис. 2) регион формирования САГВ смещался в субполярной области Северной Атлантики и располагался южнее Гренландии. При этом САГВ не опускалась, настолько глубоко как при современном режиме, она проникала не глубже 2 км. Как следствие формировалась мелкая циркуляционная ячейка. При режиме, возникающем при событиях Хайнриха, в результате попадания в океан обломочного айсбергового материала и последующего резкого опреснения в Северной Атлантике формирование САГВ полностью блокировалось. Абиссальные части Атлантического бассейна заполнялись глубинными водами Антарктического происхождения [Rahmstorf, 2002]. Переход между различными циркуляционными режимами в литературе называют термохалинной катастрофой – ТХК. Возможность реализации ТХК в современных климатических условиях широко обсуждается в связи с глобальным потеплением.

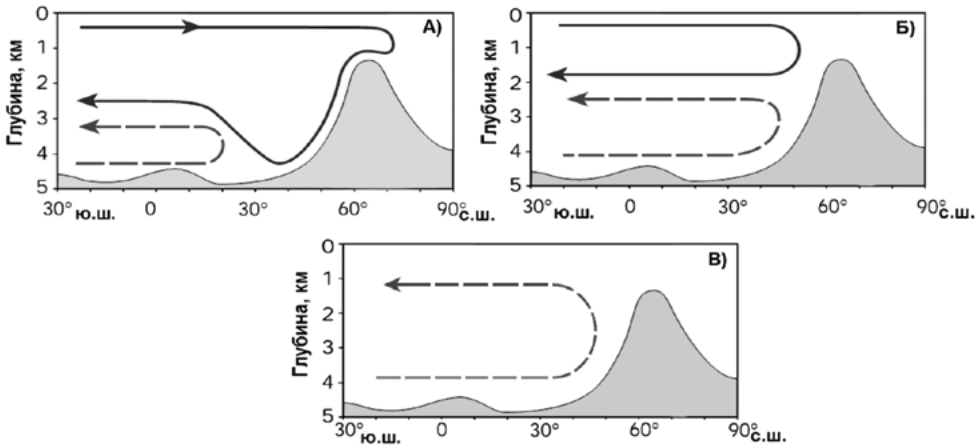


Рис. 2. Схематическое изображение трех основных режимов циркуляции в Северной Атлантике. А) – современный режим, Б) – холодный режим с мелкой циркуляционной ячейкой, В) – режим, при котором отсутствует формирование Североатлантических глубинных вод (режим Хайнриха). Пунктирной линией показано распространение Антарктической придонной воды, сплошной – САГВ. Рисунок из [Rahmstorf, 2002]

В настоящей работе для оценки возможности реализации ТХК в современную климатическую эпоху используется модифицированная боксовая модель Северной Атлантики [Griffies, Tziperman, 1995]. Боксовая модель Северной Атлантики представлена четырьмя боксами: двумя поверхностными и двумя глубинными (рис. 3). В тропическом поверхностном боксе заданы относительно теплые и соленые, а в полярном – относительно холодные и пресные условия. Изменения температуры и солености в каждом боксе регулируются адвективным обменом с соседними боксами, а также потоками тепла и соли через поверхность в первых двух боксах. Предполагается, что океан получает тепло из атмосферы в первом (южном тропическом) боксе и отдает во втором (северном полярном) с нулевым интегральным балансом. Кроме того, считается, что осадки, выпадающие над вторым боксом, формируются в результате испарения в первом. Термохалинная циркуляция в боксовой модели обусловлена меридиональным градиентом давления, который в гидростатическом приближении пропорционален градиенту плотности. Охлаждение океана на севере увеличивает плотность и обуславливает ТХЦ, направленную в верхнем слое от первого бокса ко второму.

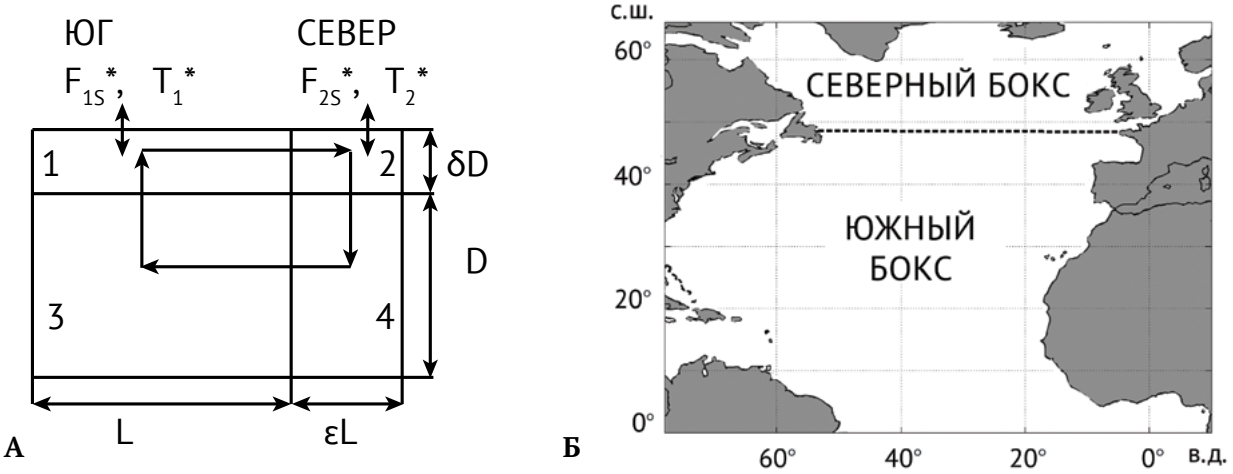


Рис. 3. А) Схема боксовой модели Северной Атлантики: 1, 2 – поверхностные боксы; 3, 4 – глубинные. Стрелками показано положительное направление термохалинной циркуляции (термический режим). Б) Географическое расположение боксов

Параметры модели и типичные вариации граничных условий оценивались на основе современных массивов: данных глобальной цифровой модели рельефа (Gridded Global Relief Data – ETOPO2v2), океанического реанализа ORA-S3 и атмосферного реанализа NCEP за 1959–2011 гг.

В работе исследованы особенности реакции циркуляционного режима Северной Атлантики на периодические, стохастические и мгновенные внешние воздействия, соответствующие современному климату.

В используемой в работе четырехбоксовой модели получены три равновесных решения: термический устойчивый режим, термический неустойчивый и халинный устойчивый режимы. Первый соответствует современному климату. Пороговые возмущения, при которых в модели происходит ТХК, значительно превышают типичные для современного климата. Боксовая модель характеризуется собственными колебаниями с периодом около 100 лет, проявляющимися в виде Атлантической мультидекадной осцилляции. Таким образом, для ТХЦ в современную климатическую эпоху характерен квазипериодический осцилляционный режим, проявляющийся в естественных колебаниях климата, и возникновение ТХК при этом маловероятно.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-05-02019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Alley R.B. Wally was right: predictive ability of the North Atlantic "conveyor belt" hypothesis for abrupt climate change. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2007. Vol. 35. P. 241–272.

Andersen K.K., Katrine K., et al. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature.* 2004. Vol. 431. No 7005. P. 147–151.

Boyle E.A. Is ocean thermohaline circulation linked to abrupt stadial/interstadial transitions? *Quaternary Science Reviews.* 2000. Vol. 19. No 1. P. 255–272.

Bryan F. High-latitude salinity effects and interhemispheric thermohaline circulations. *Nature.* 1986. Vol. 323. P. 301–304.

Clement A.C., Peterson L.C. Mechanisms of abrupt climate change of the last glacial period. *Reviews of Geophysics.* 2008. Vol. 46. No 4. RG4002. doi: 10.1029/2006RG000204

Griffies S.M., Tziperman E.A. Linear Thermohaline Oscillator Driven by Stochastic Atmospheric Forcing. *Journal of Climate.* 1995. Vol. 8. P. 2440–2453.

Huang, R.X., Luyten J.R., Stommel H.M. Multiple equilibrium states in combined thermal and saline circulation. *Journal of Physical Oceanography.* 1992. Vol. 22. No 3. P. 231–246.

Manabe S., Stouffer R.J. Two stable equilibria of a coupled ocean-atmosphere model. *Journal of Climate.* 1988. Vol. 1. P. 841–866.

Masson-Delmotte V., Schulz M., et al. Information from Paleoclimate Archives. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge Univ. Press.; New York, 2013. P. 383–464. doi: 10.1017/CBO9781107415324.013

Rahmstorf S. Ocean circulation and climate during the past 120000 years. *Nature.* 2002. Vol. 419. No 6903. P. 207–214.

Rahmstorf S. Thermohaline Ocean Circulation. Encyclopedia of Quaternary Sciences. *Postdam Institute for Climate Impact Research.* 2006. Vol. 5. P. 1–10.

Stommel H. Thermohaline convection with two stable regimes of flow. *Tellus.* 1961. Vol. 3. P. 224–230.

Tziperman E. Proximity of the present-day thermohaline circulation to an instability threshold. *Journal of Physical Oceanography.* 2000. Vol. 30. No 1. P. 90–104.

Weaver A.J., Bitz C.M., et al. Thermohaline circulation: High-latitude phenomena and the difference between the Pacific and Atlantic. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences.* 1999. Vol. 27. No 1. P. 231–285.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗИМНЕЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЧЁРНОГО МОРЯ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ИНДЕКСА СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ

Т.М. Баянкина, Н.В. Михайлова, А.А. Сизов, А.В. Юровский

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
bayankina_t@mail.ru

Современные изменения климата оказывают заметное влияние на физическое и экологическое состояние Чёрного моря. Одним из важных гидрофизических параметров Чёрного моря является температура поверхности моря (ТПМ), которая определяет тепло-обмен между морем и атмосферой. Из-за малой толщины верхнего перемешанного слоя ТПМ быстро реагирует на глобальные и региональные атмосферные воздействия. Исследование реакции морской среды на изменения атмосферного воздействия («атмосферного форсинга») представляет важную океанологическую задачу, связанную с прогнозом последствий климатических изменений для экосистемы. Долгопериодная изменчивость температуры поверхности Чёрного моря в ее связи с крупномасштабным атмосферным форсингом рассматривалась в [Титов, 2003; Пиотух и др., 2009; Kazmin, Zatsepin, 2007]. Во всех указанных работах отмечается тесная связь температуры поверхности Чёрного моря и температуры воздуха в зимний период.

Основная задача данной работы – исследовать долгопериодную изменчивость зимнего атмосферного форсинга и температуры поверхности моря за последний климатический период (1986–2015 гг.).

В данной работе использованы параметры зимнего атмосферного форсинга (атмосферное давление, температура воздуха, суммарный поток тепла (H+LE)), температуры поверхности моря (ТПМ) из массива реанализа NASA MERRA (https://gmao.gsfc.nasa.gov) и индекс САК Харрелла (https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based). Дополнительно использовались данные станционных наблюдений Госгидромета (ст. Черноморское и Керчь) и дрифтерные данные Морского гидрофизического института [Мотыжев и др., 2016].

Формирование поверхностной температуры Чёрного моря в зимний сезон имеет значительную межгодовую изменчивость, которая определяется условиями циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском регионе и представлена индексом циркуляции – Северо-Атлантическим колебанием (САК). Для обновления верхнего квазиоднородного слоя моря, которое происходит в сезон зимнего интенсивного перемешивания, важную роль играют условия на его поверхности. По оценкам [Титов, 2003] в течение последних ста тридцати лет наблюдается чередование теплых и холодных зим, в ряде случаев температуры воздуха и воды достигают экстремально низких или высоких значений. Поэтому были выбраны группы лет, характеризуемые экстремально высокими и экстремально низкими значениями САК в зимний период. В положительную (отрицательную) фазу САК в Черноморском регионе наблюдается реализация преимущественно антициклонических (циклонических) условий циркуляции атмосферы. Когда значения индекса САК отрицательны, в результате активизации циклонической деятельности в Черноморский регион преимущественно поступают относительно теплые атлантические и средиземноморские воздушные массы, поддерживающие высокую зимнюю поверхностную температуру моря. В зимы с максимальными значениями САК, когда циклоническая деятельность на юге Европы и над Средиземным морем подавлена, в регион Чёрного моря часто вторгаются холодные континентальные воздушные массы, которые формируют режим пониженной температуры моря в зимний сезон. В последнее время

наблюдаются значительные изменения температурных условий в атмосфере («глобальное потепление»), которое сопровождается изменениями крупномасштабной циркуляции атмосферы, что оказывает влияние на изменчивость САК и на температуру поверхности Чёрного моря. Для анализа нами был выбран 30-летний период с 1986 по 2015 г. Максимальные значения зимнего индекса $САК_{макс}$ в указанный период наблюдались в 2007, 2008, 2012, 2014 и 2015 гг., минимальные значения $САК_{мин}$ – в 1996, 2001, 2006, 2010, 2013 гг. По этим годам проведены оценки аномалий гидрометеорологических характеристик, определяющих особенности взаимодействия приземной атмосферы и поверхности моря.

Вторжения холодных воздушных масс на акваторию моря в зимний период связаны со смещениями арктических антициклонов, либо отрогов или отдельных ядер Сибирского антициклона в Северное Причерноморье. Обычно процесс холодного вторжения сопровождается ростом атмосферного давления, понижением температуры воздуха, увеличением скорости и порывистости ветра северных направлений, регистрируемых на береговых станциях Кавказа и Крыма. Для изучения особенностей холодного вторжения в разных субрегионах Чёрного моря были выбраны станции Черноморское (в западной части Чёрного моря) и Керчь (в восточной части моря). В годы $САК_{макс}$ и $САК_{мин}$ были подсчитаны число холодных вторжений на Чёрное море за январь – март, их продолжительность в сутках, минимальные температуры воздуха в момент вторжения и средняя температура воздуха на станциях (табл. 1). Авторы считали, что процесс холодного вторжения начался, когда атмосферное давление повышалось до 1030 гПа, а температура воздуха опускалась ниже 0 °С.

Из табл. 1 видно, что существует четкое разделение по характеристикам холодных вторжений между западной и восточной частями Чёрного моря. В годы $САК_{макс}$ число вторжений и их продолжительность максимальны в западной части моря, а в годы $САК_{мин}$ – в восточной части моря. Исследования показали, что в годы $САК_{макс}$ воздушные массы на ст. Черноморское и Керчи имеют более низкие температуры, чем в годы с $САК_{мин}$. Так, 03.02.2012 в Черноморском при атмосферном давлении 1036,1 гПа температура воздуха отмечалась –22,5 °С, а ст. Керчь она была на 2,7 °С выше. Продолжительность вторжения холодных масс с северо-востока составляла 16 сут. при средней скорости ветра 8 м/с.

Таблица 1. Метеорологические характеристики при холодных вторжениях в годы $САК_{макс}$ и $САК_{мин}$ на ст. Черноморское и Керчь

Параметры	$САК_{макс}$		$САК_{мин}$	
	Черноморское	Керчь	Черноморское	Керчь
Ср. число вторжений	4,6	4,2	4,0	5,2
Ср. продолжительность вторжений, сут.	38,6	24,4	24,4	26,2
Ср. минимальная температура воздуха, °С	–9,4	–9,2	–7,7	–8,2
Ср. температура воздуха, °С	3,0	3,5	4,0	3,9

Известно, что формирование отрицательной аномалии ТПМ происходит чаще всего по причине отдачи тепла из моря в атмосферу. Аномалии суммарной теплоотдачи (H+LE) вычислялись относительно средних значений за январь – март 1986–2015 гг. отдельно для западной (42–46° с.ш., 28–34° в.д.) и восточной (42–45° с.ш., 34–40° в.д.) частей Чёрного моря в зимы с различными значениями САК. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Аномалии суммарной теплоотдачи (Вт/м^2) в западной и восточной частях Чёрного моря

Географическое положение	$САК_{макс}$	$САК_{мин}$
Западная часть Чёрного моря	–6,12	2.27
Восточная часть Чёрного моря	–0,77	–2,59

Данные табл. 2 показывают, что наибольшая теплоотдача (2,27 Вт/м^2) отмечается в западной части Чёрного моря в годы САК мин; в восточной части (–0,77 Вт/м^2) – в годы САКмакс. Это означает, что поле ветра над Чёрным морем, которое отвечает за теплоотдачу с его поверхности, в пространственном распределении в различные фазы САК имеет определенные особенности. Для расчетов аномалий модуля скорости ветра были выбраны границы субрегионов: западный (42–46° с.ш., 29–32° в.д.), восточный (42–45° с.ш., 37–40° в.д.) и центральный (42–45° с.ш., 33–36° в.д.). Средние их значения показаны в табл. 3. Как следует из табл. 3, аномалия скорости ветра в центральном субрайоне максимальна в годы с САК$_{макс}$. Объяснение этого явления требует отдельного исследования. Кроме того, в годы с САК$_{макс}$ максимальные скорости ветра локализуются в северной части моря в широтном направлении, а в годы с САК$_{мин}$ – в направлении с северо-востока на юго-запад. Розы ветров на ст. Черноморское и Керчь показывают преобладание восточных и северо-восточных ветров, а также добавляются ветры южных и юго-западных румбов.

Таблица 3. Средние аномалии модуля скорости ветра (м/с) в субрегионах Чёрного моря в годы САК$_{макс}$ и САК$_{мин}$

Субрегионы в Чёрном море	САК$_{макс}$	САК$_{мин}$
Западный	0,19	0,26
Восточный	0,04	0,14
Центральный	0,26	0,13

Показанные в табл. 2 аномалии потоков тепла с поверхности моря, формируемые пространственной неоднородностью модуля скорости ветра (табл. 3), создают характерную картину поля аномалий поверхностной температуры моря, как показано на композитных картах (рис. 1). На рис. 1А, видно, что в годы с САК$_{макс}$, когда теплоотдача с поверхности моря в западной части минимальна, ТПМ ниже, чем в годы с САК$_{мин}$. И наоборот, в годы с САК$_{мин}$ море как в западной, так и в восточной части имеет более высокую, чем средняя многолетняя, температуру.

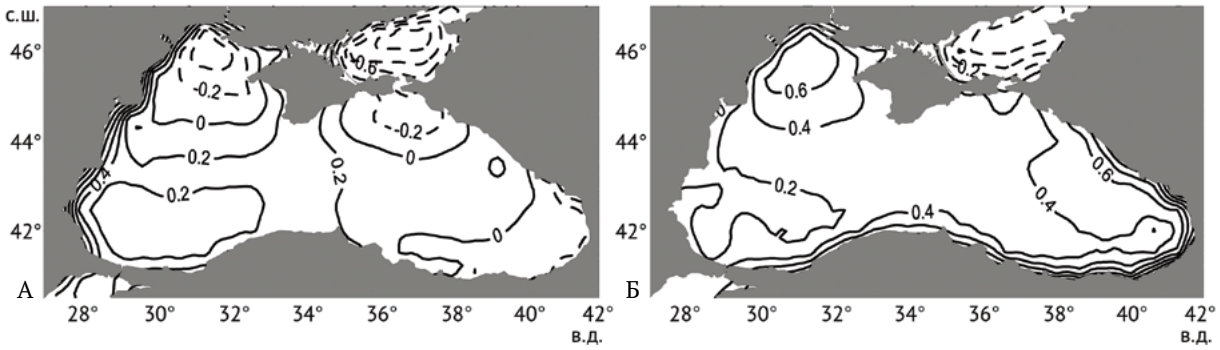


Рис. 1. Композитные карты аномалии ТПМ: А – в годы САК$_{макс}$; Б – в годы с САК$_{мин}$

Продолжительные холодные вторжения в годы с САК$_{макс}$ не очень часты, но результатом их является экстремальное выхолаживание поверхности моря с сохранением отрицательной аномалии ТПМ в течение длительного времени.

Использование массива данных, полученных дрифтерами [Мотыжев и др., 2016], позволяет на качественном уровне показать процесс понижения ТПМ в конкретном районе Чёрного моря при холодном вторжении воздушных масс. На рис. 2 показана траектория дрифтера № 288990 в январе – феврале 2014 г. и кривые приземного давления и ТПМ, зарегистрированные дрифтером.

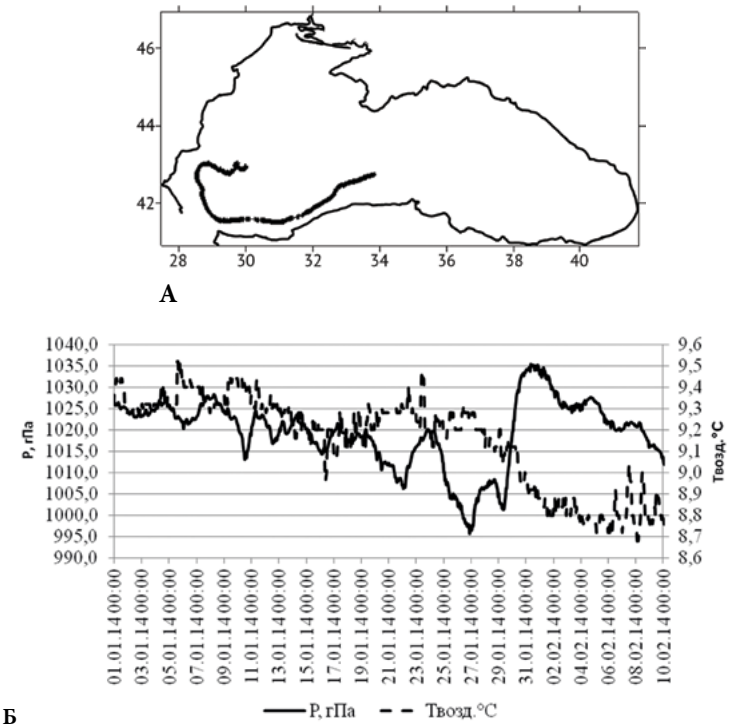


Рис. 2. Траектория дрифтера № 288990 (А) и кривые атмосферного давления (сплошная линия) и ТПМ (пунктирная линия) (Б)

Рис. 2 показывает, когда воздушная масса с низким давлением 996,3 гПа (26–29.01.2014) в течение короткого времени заместилась относительно холодной воздушной массой с высоким атмосферным давлением 1035,3 гПа (31.01–04.02.2014). В эти дни аномалии ТПМ в западной и восточной частях Чёрного моря составляли 0,7 и 0,9 °С (29.01.2014) и 0,6 и 0,4 °С (31.01.2014) соответственно.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

Смена режима циркуляции атмосферы в регионе Чёрного моря, определяемого индексом САК, формирует аномально теплую (в годы $САК_{мин}$) или аномально холодную ТПМ (в годы $САК_{макс}$) в зимний период.

В годы $САК_{макс}$ холодные вторжения на акваторию моря более продолжительны и могут быть основной причиной, приводящей к понижению ТПМ.

Предварительные оценки с привлечением данных дрифтеров показывают, что понижение ТПМ при холодных вторжениях могут происходить в течение короткого промежутка времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Мотыжев С.В., Толстошеев А.П., и др. *База данных оперативных дрифтерных наблюдений по Черноморскому региону*. Свидетельство о регистрации базы данных № 2016620404 от 01.04.2016.

Пиотух В.Б., Зацепин А.Г., и др. Оценка влияния зимнего атмосферного форсинга на изменчивость термохалинных характеристик деятельного слоя Чёрного моря // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2009. Вып. 6. Т. I. С. 442–450.

Титов В.Б. Межгодовое обновление холодного промежуточного слоя Чёрного моря за последние 130 лет // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 10. С. 68–75.

Kazmin A.S., Zatsepin A.G. Long-term variability of surface temperature in the Black Sea, and its connection with the large-scale atmospheric forcing. *J. Mar. Syst.* 2007. Vol. 68. P. 293–301.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Т.П. Варшанина

Адыгейский государственный университет, г. Майкоп, Россия

Для прогнозирования периодически случающихся в ходе климатических процессов опасных явлений разрабатываются сложные ситуационные модели, учитывающие известный спектр пространственно-временных параметров, отвечающих за их формирование. В частности, для прогнозирования паводков разрабатываются системы (европейская система прогнозирования наводнений EFAS, американская система прогнозирования быстроразвивающихся паводков FFG и др.), в которые входят: глобальные и региональные численные модели прогнозирования поля осадков и таяния снежного покрова; модель гидрологического прогнозирования конкретного водосбора, основанная на расчете водного баланса в структуре его почвенного покрова с учетом эвапотранспирации; радарные и спутниковые данные поля осадков; комплекс метеоэлементов погодных условий. В моделях используются десятки параметров инструментальных данных и расчетных характеристик. Несмотря на высокую степень детализации разрабатываемых моделей прогнозируемых процессов на выходе они выдают вероятностный спектр параметров развития события с закономерной остаточной неопределенностью.

К источникам неопределенности сложных природных систем относят:

– остаточную неопределенность как следствие невозможности учета всех космопланетарных взаимодействий, определяющих эволюцию изучаемого объекта;

– неполноту и неточность наших знаний о законах природы;

– нелинейность развития мира;

– внутренние процессы саморазвития сложных систем.

Таким образом, неопределенность, прежде всего, связана с большим и пока не определенным количеством космопланетарных энергетических воздействий, оказывающих влияние на динамику и эволюцию природных систем.

Нелинейность объясняется множественностью видов и многообразием длительности интерферирующих периодов энергетических воздействий на природные системы, что порождает множественность вариантов отклика природных систем, неадекватных каждому отдельному виду воздействия.

С позиции современных знаний можно конкретизировать причины слабой оправдываемости прогнозов нерегулярно случающихся опасных явлений природы, к которым требуется отнести:

– открытость природных систем воздействию многообразных и многомерных ритмических и эволюционных процессов Космоса и глубин Земли;

– кратковременность периода инструментальных наблюдений, не охватывающих длительное характерное время развития природных систем;

– ошибочность представлений о возможности прогнозирования природных процессов с помощью моделей хода их параметров на основе данных кратковременных инструментальных наблюдений. Эти данные есть отражение одного из бесчисленных вариантов сочетающихся и интерферирующих энергетических воздействий.

Шагом вперед в поиске принципиально новых оснований для моделирования геопространственных процессов можно считать ключевые принципы теории динамических систем:

– требование отображения в моделях самоорганизующихся систем их функционально обусловленной эмпирически объективной структурной организации;

– установка на поиск интегральных характеристик целого;

– принцип свертывания сложных моделей самоорганизующихся систем в модели, отражающие параметры порядка самоорганизации, которые обусловливает структурную организацию системы, в свою очередь определяющую реакцию системы на воздействие.

К этим принципам, если следовать современной квантово-полевой картине мира, с позиции которой макрообъекты можно представить в виде квантованных полевых структур, необходимо добавить установку на моделирование пространственной структуры энергетических географических полей.

В настоящее время принята дискретно-континуальная квантово-полевая картина мира. Основным материальным объектом признается дискретное дуальное квантовое поле, обладающее способностью переходить из корпускулярного к волновому состоянию в зависимости от пока неопределенного комплекса условий. Для методологии прогнозирования важен сделанный в результате вывод о нелинейности развития мира, отсутствия феномена внешней причины и отказа от принудительной каузальности. Макромир онтологически связан с микромиром, поэтому знание фундаментальной основы взаимодействий в микромире позволяет интерпретировать условия взаимодействий в макромире.

Действительно, универсальной основой для выявления структуры всех геопространственных объектов, различающихся по вещественному составу и фазовому состоянию, является порождающая их структура поля энергии. Следовательно, параметром порядка структуры географических объектов является напряженность порождающего эту структуру энергетического поля. Изложенные предпосылки послужили основанием для разработки способа прогнозирования геопространственных процессов, позволяющего решить проблему их неопределенности.

Материал и методы исследований. Для вычисления меры параметра порядка географических объектов и процессов предложен метод структурной маски энергетических географических полей. Метод основан на решении задачи восстановления структуры порождающих географические объекты энергетических полей в фокусе земной поверхности через вычисление градиентов структуроформирующих географические объекты параметров.

К основным аксиоматическим положениям метода структурной маски энергетических географических полей отнесены следующие:

– интерференция космопланетарных потоков энергии формирует «реальное» геофизическое поле в фокусе земной поверхности;

– геообъекты структурно подобны «реальному» геофизическому полю;

– напряженность «реального» геофизического поля является параметром порядка географических процессов и систем;

– значение параметров образующих структуру геообъектов, например, для рельефа – поле высот; для воздушных течений – поле температуры, – мера их параметра порядка;

– градиентные поля структурообразующих параметров отображают структуру поля энергии, порождающей геообъекты;

– пространственно-временное градиентное поле соответствующего структуроформирующего параметра с одной стороны представляет собой структурную маску порождающего его энергетического поля, с другой – отображает структуру географического объекта или процесса.

Так как воссоздаваемая структура энергетического географического поля объектов геопространства априори онтологически связана и структурно подобна полному спектру космопланетарных энергетических полей, то есть согласована с ними – когерентна, можно сделать вывод о том, что таким образом решается проблема неопределенности географических процессов в моделях их прогнозирования. Структурное подобие энергетических полей географических объектов и процессов космопланетарным энергетическим полям имеет место на всех уровнях их организации, что открывает новые возможности точечного прогнозирования природных опасностей для планирования устойчивого развития территорий.

Результаты исследований и обсуждение. На основании разработанного подхода впервые получена модель точечного прогнозирования времени наступления и уровня паводка (патент № 2010140576). Мерой параметра порядка синоптического процесса, характеризующего структуру его энергетического поля, является ежесуточный региональный градиент температуры приземной атмосферы, рассчитываемый относительно точки прогнозирования по территории, приблизительно равной площади барического образования. Ежесуточный региональный градиент температуры является интегральным показателем, характеризующим:

– состояние энергетического поля приземной атмосферы в точке прогнозирования;

– ту часть барического образования, которая проходит через точку прогнозирования по параметрам суточного хода градиента за 7–10 дней;

– скорости адвекции и трансформации воздушной массы, состояние подстилающей поверхности по параметрам суточного хода градиента.

Таким образом, ход регионального градиента температуры позволяет классифицировать выборки, соответствующие типам синоптических ситуаций в точке прогнозирования.

Для осуществления среднесрочного прогноза в модель включается ход параметров ежесуточного регионального градиента температуры за 20 лет и соответствующие ему уровни воды на гидрологическом посту. Для уменьшения влияния свойства нелинейности природных процессов точечное прогнозирование паводка осуществляется с помощью математической модели нейронной сети.

Разработана трехуровневая структура нейросети, обладающая рядом функций искусственного интеллекта: позволяет выработать прототип наблюдаемой ситуации и обобщить поведение системы по подобию и преобладанию, что повышает достоверность прогноза. Трехуровневая нейросетевая модель классифицирует структуру процесса формирования паводка по ежесуточному ходу за 10–20 лет регионального градиента температуры и уровня воды на гидропостах и дает точечный прогноз времени наступления и уровня паводка. Способ отрабатывался на примере четырех малых рек бассейна реки Кубань и показал высокую степень достоверности среднесрочного прогнозирования даты паводка и погрешность прогнозирования уровней от 3 до 14 %. В 2012 году нам были открыты данные для осуществления пост-прогноза на катастрофический паводок в г. Крымске. Результаты подтвердили универсальность метода, объективность параметра порядка выбранного для процессов, происходящих в атмосфере, способность нейросетевых технологий преодолевать проблему нелинейности динамики природных процессов и обеспечивать эффективный прогноз (рис. 1).

Разработанный способ обеспечивает прогнозирование полного спектра гидрометеорологических явлений. В возможности модели входит точечное прогнозирование: даты наступления и уровня паводков, наводнений, нагонов воды на побережьях, зажоров, заторов, шквалов, смерчей, всех гидрометеорологических опасных явлений, обеспеченных рядами наблюдений.

Выводы. Создание модели геопространства, в которой каждый объект представлен структурной маской его энергетического поля, онтологически вписанного в структуру космопланетарных энергетических полей и, следовательно, когерентного полному спектру космопланетарных воздействий, снимает при прогнозировании проблему неопределенности геопространственных процессов. Высокая степень нелинейности геопространственных процессов может быть преодолена в результате использования в моделях прогноза интеллектуальных нейросетевых технологий.



Рис. 1. График прогноза значений уровня подъема воды. Гидропост р. Адагум, г. Крымск, 2012 год. Максимальная погрешность на периоде – 14,04 %

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Варшанина Т.П., Плисенко О.А., Коробков В.Н. *Способ прогнозирования времени наступления и уровня паводков.* Патент № 2480825, 2013.

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ОСАДКИ НА ЮГЕ РОССИИ И ИХ СВЯЗЬ С ГЛОБАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Е.В. Вышкваркова, О.Ю. Коваленко, Е.Н. Воскресенская

Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия
aveiro_7@mail.ru

На протяжении последнего столетия значительно изменился режим температуры и осадков. Это подтверждается отчетами МГЭИК: «изменения во многих экстремальных метеорологических и климатических явлениях наблюдаются приблизительно с 1950 г. Весьма вероятно, что в глобальном масштабе число холодных дней и ночей снизилось, а число теплых дней и ночей увеличилось. Вероятно, насчитывается большее число участков суши, где увеличилось количество случаев выпадения сильных осадков, чем участков, где количество таких случаев уменьшилось. Повторяемость и интенсивность сильных осадков, вероятно, увеличились в Северной Америке и Европе» [IPCC, 2013].

События с экстремальными температурами и осадками могут приводить к катастрофическим последствиям, таким как засухи, волны тепла, наводнения и др. Ярким примером является наводнение в Крымске в начале июля 2012 года, когда за короткое время выпало количество осадков равное 2–5 месячным нормам [Meredith et al., 2015]. Засухи во многих регионах России и следующие за ними лесные пожары привели к катастрофическим последствиям в 2010 и 2012 годах. Одной из причин этих явлений являются крупномасштабные процессы в системе океан – атмосфера. На межгодовом масштабе наиболее интенсивным процессом является – Эль-Ниньо (ЭН). ЭН оказывает значительное влияние на климатические условия внетропических регионов Земли (например, [Valverde, Marengo, 2014], и др.). Несмотря на большое количество статей по этой теме оценки влияния ЭН на климатические аномалии в Атлантико-Европейском регионе, полученные разными авторами, имеют существенные отличия. Причина кроется в изменчивости событий ЭН (их интенсивности, продолжительности, пространственном расположении, максимальной аномалии температуры поверхности океана и др.).

Цель работы – получить характеристики экстремальной температуры и осадков на юге России за период 1950–2010 гг., изучить их линейные тренды и проявления разных типов Эль-Ниньо.

Данные и методы. В работе использованы ежедневные данные по максимальной и минимальной температуре и осадкам с 21 метеорологической станции за период 1950–2010 гг.: Анапа (AN), Армавир (AR), Астрахань (AS), Дербент (DE), Элиста (EL), Феодосия (FE), Гигант (GI), Яскуль (JA), Керчь (KE), Кисловодск (KI), Красная Поляна (KP), Краснодар (KR), Махачкала (MA), Минеральные Воды (MV), Ростов-на-Дону (RD), Симферополь (SI), Сочи (SO), Сулак (SU), Таганрог (TA), Туапсе (TU), Верхний Баскунчак (VB). Данные взяты с KNMI Climate Explorer (http://climexp.knmi.nl). В работе использованы индексы экстремальной температуры и осадков, разработанные группой экспертов ETCCDMI [Frich et al., 2002]. Для анализа экстремальной температуры выбраны индексы: TN10p (% дней) – доля дней, когда T_{min} < 10-го процентиля относительно базового периода 1961–1990 гг., и TX90p (% дней) – доля дней, когда T_{max} > 90-го процентиля относительно базового периода 1961–1990 гг. Для осадков: Rx1day (мм) – максимальная сумма осадков за одни сутки; Rx5day (мм) – максимальная сумма осадков за 5 последовательных суток. Контроль качества и расчет индексов выполнены с использованием программного обеспечения RClimDex.

Результаты. Сначала рассмотрим особенности пространственного распределения индексов экстремальной температуры и осадков на территории юга России за период 1950–2010 гг. и их временную изменчивость. На рис. 1 представлены коробчатые диаграммы

(box-and-whiskers plots) для выбранных индексов. Такой вид диаграммы в удобной форме показывает среднее (медиана), нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значения, а также выбросы (точки). При этом разность между третьим и первым квартилями характеризует разброс распределения величины и является аналогом дисперсии.

Индекс TN10p («холодные ночи») оценивает экстремально низкие температуры. Анализ индекса показал, что среднемноголетнее значение изменяется от 9 % в юго-восточной части до 13 % в восточной части региона. Абсолютный максимум характерен для 1956 года и достигал 34 %. Индекс TX90p, оценивающий экстремально высокие температуры, подсчитывает число «теплых дней». За исследуемый период среднемноголетние значения изменяются от 10 % в центральной части до 13 % в юго-западной части региона.

Средние значения индекса экстремальных осадков RX1day варьируются между 22,5 мм/сут. в юго-восточной части региона и 82 мм/сут. на побережье Чёрного моря. Наибольшие значения индекса типичны для станций побережья Чёрного моря. Анализ индекса RX5day показал аналогичную картину. Максимальные значения индекса характерны для прибрежных регионов.

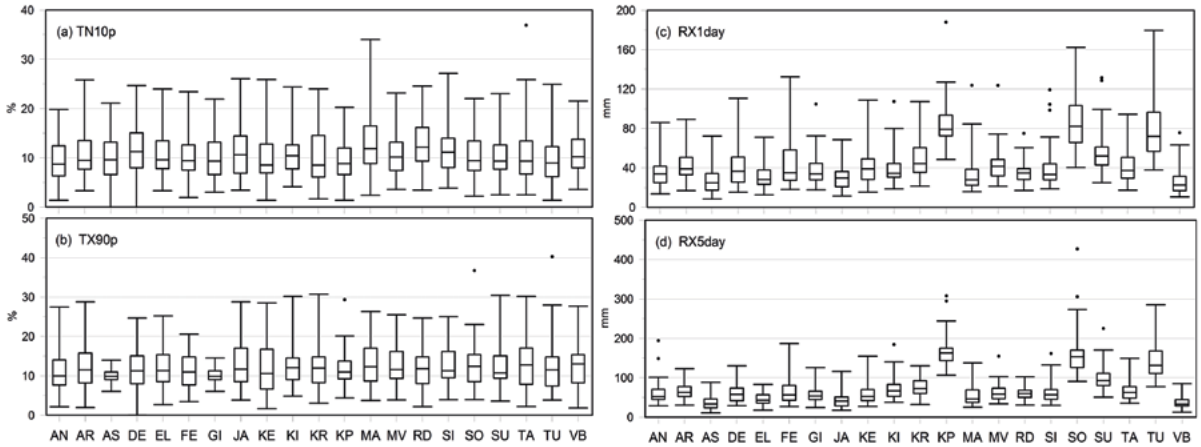


Рис. 1. Коробчатые диаграммы для выбранных индексов за период 1950–2010 гг.

Линейные тренды индексов экстремальной температуры характеризуются однородным распределением. Для индекса TN10p типичны преимущественно отрицательные тренды, от 0,5 % / 10 лет в прибрежной части региона до 2 % / 10 лет в центральной части. Для индекса TX90p характерна противоположная картина (рис. 2). Все тренды имеют положительный знак. Отметим, что все тренды индексов экстремальной температуры значимы ($p \leqslant 0{,}05$). Распределение коэффициентов линейных трендов индексов экстремальных осадков имеет выраженную пространственную неоднородность. Для выбранных индексов характерны преимущественно положительные тренды, однако не все они значимы (рис. 2).

Проявление разных типов Эль-Ниньо. Существует много классификаций событий Эль-Ниньо (например, [Horii, Hanawa, 2004], и др.). В данной работе использована классификация Воскресенской, Михайловой [2010], которая проведена на основании 152-летнего массива индекса Южного колебания и океанического индекса. Согласно этой классификации выделяют три типа Эль-Ниньо: весенний (ВЕС), летне-осенние короткоживущие (ЛОК) и летне-осенние продолжительные (ЛОП). Каждый тип Эль-Ниньо по-разному проявляется в Атлантико-Европейском регионе. ЛОП тип Эль-Ниньо не рассматривался в работе, так как за исследуемый период он встречался только три раза. ВЕС тип ЭН по выбранной классификации происходил в 1957, 1963, 1965, 1972, 1982, 1991, 1993 и 1997 годах. ЛОК тип ЭН имел место в 1951, 1976, 1994, 2002, 2004, 2006 и 2009 годах. Разность между двумя типами ЭН оценена для каждого месяца на следующий год после интенсификации события («+1» года).

На протяжении всего года кроме апреля, мая и частично октября характерно увеличение значений TX90p в ВЕС тип ЭН от 9 % на юге до 55 % на северо-западе региона. В августе –

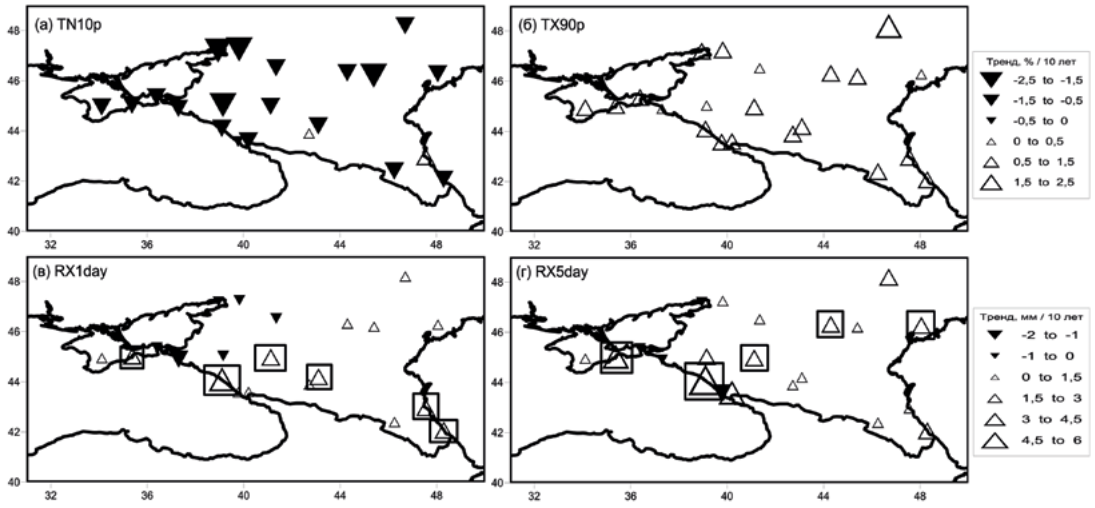


Рис. 2. Коэффициенты линейных трендов индексов экстремальной температуры (% / 10 лет) и осадков (мм / 10 лет) за период 1950–2010 гг. Белые треугольники – положительный тренд, черные перевернутые треугольники – отрицательный тренд. Значимые тренды индексов осадков выделены внешним квадратом

сентябре значения индекса TX90p выше в ЛОК тип ЭН, с максимальными значениями на побережье Черного моря материковой части России (рис. 3).

Разность значений индексов экстремальных осадков в разные типы ЭН характеризуются сильной пространственной неоднородностью (рис. 4).

Для индекса RX1day следует отметить апрель и май, которые характеризуются более высокими значениями в ВЕС тип ЭН для большинства станций. Максимальная разность типична для Ростова-на-Дону и достигает 56 %. В октябре разность выше в ЛОК тип ЭН (до 71 %). Для индекса RX5day стоит выделить июнь, когда весь регион характеризуется более высокими значениями в ВЕС тип ЭН (до 66 %) и октябрь с более высокими значениями в ЛОК тип ЭН (до 83 %).

Заключение. Анализ экстремальной температуры и осадков на юге России за период 1950–2010 гг. показал значимые изменения режима экстремумов. Значимые линейные тренды «холодных ночей» и «теплых дней» свидетельствуют о потеплении в исследуемом регионе. Индексы экстремальных осадков показали менее значимые результаты. Анализ проявлений разных типов ЭН показал, что для «+1» года после события ЭН величины индекса TN10p выше в ВЕС тип ЭН (до 87 %), кроме марта и апреля. Анализ теплых дней (индекс TX90p) показал увеличение в ВЕС тип ЭН до 25 % в весенний сезон и увеличение до 55 % в августе – сентябре. Для осадков характерна сильная пространственная неоднородность распределения разности между двумя типами ЭН. Следует отметить октябрь, который характеризуется увеличением индексов экстремальных осадков в ЛОК тип ЭН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В. Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе // *Доклады НАН Украины*. 2010. № 3. С. 120–124.

[IPCC, 2013]: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T.F., Qin D., et al. (eds.). Cambridge: Cambridge Univ. Press; New York, 2013. 1535 p. doi: 10.1017/CBO9781107415324

Frich P., Alexander L.V., et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the 2nd half of the 20th century. *Climate Res*. 2002. Vol. 19. P. 193–212.

Horii T., Hanawa K.A. Relationship between timing of El Nino onset and subsequent evolution. *Geophysical Research Letters*. 2004. Vol. 31. P. 1634–1648.

Meredith E.P., Semenov V.A., et al. Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme. *Nature Geoscience*. 2015. Vol. 8. P. 615–619. doi: 10.1038/ngeo2483

Valverde M.C., Marengo J.A. Extreme rainfall indices in the hydrographic basins of Brazil. *Open Journal of Modern Hydrology*. 2014. Vol. 4. P. 10–26.

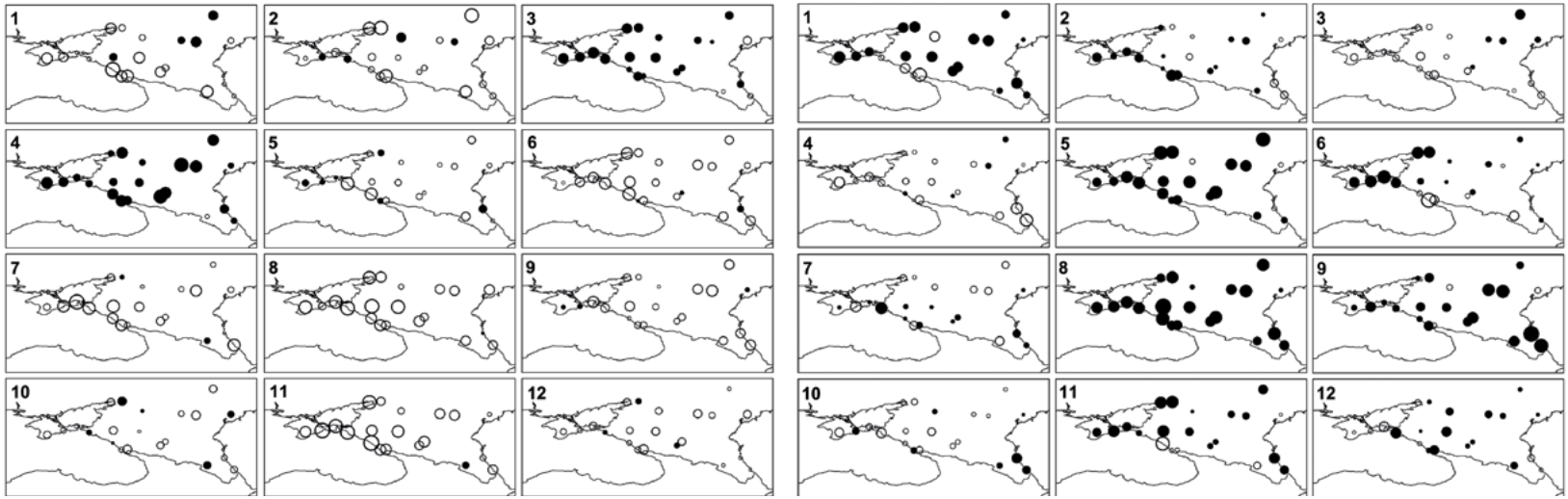


Рис. 3. Композиты разности (%) индексов TN10p (левый рисунок) и TX90p (правый рисунок) между ЛОК типом Эль-Ниньо (черные круги) и ВЕС типом Эль-Ниньо (белые круги) для каждого месяца

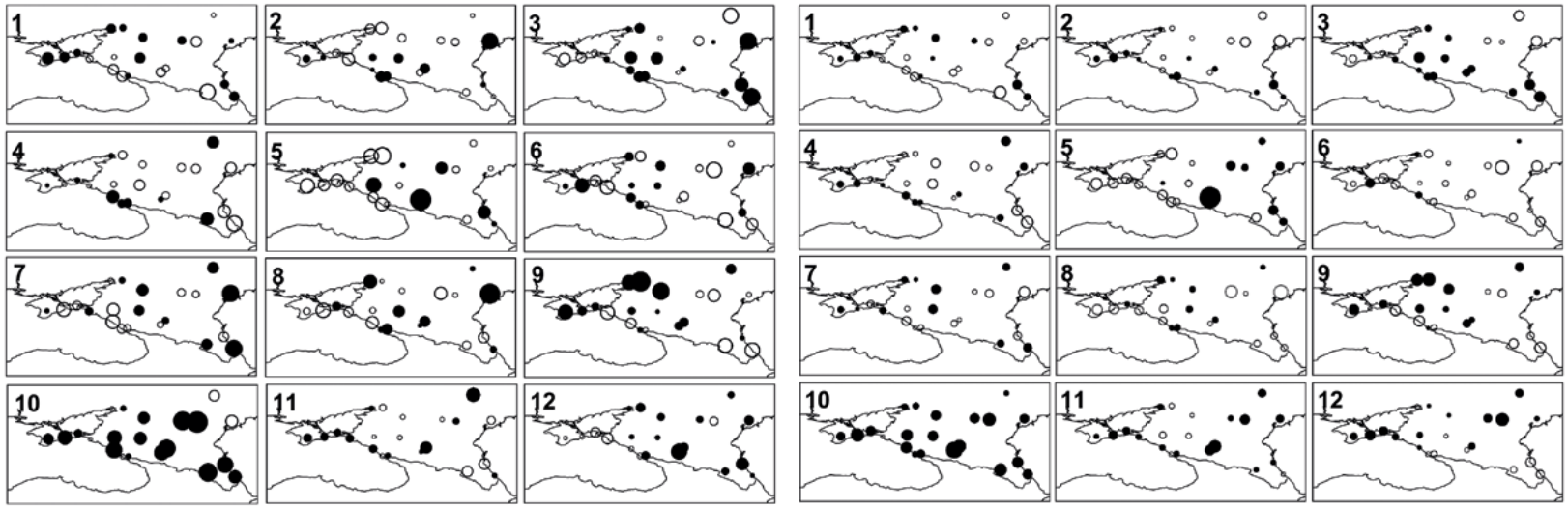


Рис. 4. Композиты разности (%) индексов RX1day (левый рисунок) и RX5day (правый рисунок) между ЛОК типом Эль-Ниньо (черные круги) и ВЕС типом Эль-Ниньо (белые круги) для каждого месяца

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ВОЛН ТЕПЛА НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Е.А. Григорьева

Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения РАН, г. Биробиджан, Россия
eagrigor@yandex.ru

Волна тепла определяется как опасное природное явление, оказывающее воздействие на жизнедеятельность, здоровье человека, его социально-экономическую активность [Ревич, 2008; Robinson, 2001; Basagaña et al., 2011, и др.]. Нередко экстремальные подъемы температуры играют роль «тихого убийцы» [Klinenberg, 2002; Johnson et al., 2005]; в периоды жары человек испытывает чрезмерное напряжение терморегуляции организма, наблюдается существенное повышение показателей заболеваемости и смертности, особенно от заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной системы и др. [Robinson, 2001; Basagaña et al., 2011, и др.]. Например, в жару одним из «пусковых крючков» возникновения инсульта может быть повышение температуры тела при неэффективности системы терморегуляции: показано, что это может вызывать рефлекторную тахикардию, увеличение минутного объема сердца, повышение основного обмена и, как следствие, увеличение потребности тканей в кислороде [Лапко, Поликарпов, 1994]. Особенно ярко влияние высоких температур проявляется в большинстве стран умеренных широт.

В нашей работе понятие волн тепла изучается с точки зрения влияния на жизнедеятельность человека как биологического существа и его здоровье. В литературе встречаются различные подходы к определению волн: исследуются и средняя температура за сутки, и ее суточные экстремумы – минимальные и максимальные температуры.

В итоге критического рассмотрения научной литературы по данной теме мы выделили три группы определений, используемых для волн тепла: 1. Качественные характеристики. 2. Количественные характеристики (абсолютные) – превышение среднего значения за некоторый период на определенное значение в течение некоторого количества дней. 3. Количественные характеристики (относительные) – выявление волны по превышению в течение некоторого периода определенного процентиля, или средней величины на 1 (2 и т.д.) среднеквадратических отклонения. При этом в качестве основы могут быть взяты разные температуры: минимальные, средние, максимальные, приведенные, физиологические эквивалентные и т.д.

Недостатком количественного подхода с использованием абсолютного температурного порога (например, превышение среднесуточной температуры на 5 °С по сравнению с нормой) является проблематичность сравнения результатов для разных территорий и разных периодов осреднения, особенно в случае меняющегося климата.

Большое значение для Дальнего Востока (ДВ) России имеет определение понятия экстремально высоких температур, которые характерны не только для каждого района, но даже для отдельных местностей. Актуальными и не изученными для континентального муссонного климата являются периоды прохождения волн тепла или холода и связанные с ними резкие скачки ежедневной смертности, когда наблюдается чрезмерное напряжение терморегуляции организма, возникает повышенный риск заболеваемости и смертности.

Для выявления относительного риска смертности во время резких изменений температурного фона необходим подробный анализ коротких погодных эпизодов. При исследовании динамики смертности при значительных скачках температуры в данной работе применялось несколько определений волны тепла. Исследовались минимальные, средние и максимальные температуры (T_{mean}, T_{max} и T_{min} соответственно) за каждые сутки для выбора регрессора, который лучше всего коррелирует со смертностью. Для выявления периодов со значительным влиянием резких смен температур на здоровье человека мы посчитали

необходимым выбрать относительный показатель – 95 %-ный процентиль и рассмотреть летний период (июнь – август). Решение о прохождении волны определялось по критерию превышения распределения температур, оцененных по наблюдениям за изучаемый период 2000–2012 гг. в течение лета (с июня по август). В зависимости от длительности волны рассматривалось пять вариантов с длиной волны от одного до пяти дней. Изучались регрессионные модели с альтернативным сдвигом (лагом) в один день для определения отсроченного эффекта воздействия высоких температур. Лаг 1 означает, что смертность анализировалась в день, следующий за тем, к которому относится метеорологический показатель [Методические рекомендации … 2004]. Таким образом, рассматривалась динамика смертности во время прохождения волн, используя 30 определений экстремальных температур (табл. 1).

Численность населения в Хабаровске – административном центре и крупнейшем городе Дальневосточного федерального округа – по данным на 1 января 2013 г. составила 593 636 чел. Абсолютная величина общей смертности – 22,3 случая в среднем сутки за весь период изучения с небольшой межгодовой динамикой, и 21,7 – для лета. Тепловое воздействие зачастую замаскировано, поэтому летальный исход может быть зарегистрирован по другим причинам смертности, не связанным напрямую с воздействием температурного фактора [Nixdorf-Miller et al., 2006]. В связи с этим оправдано использование общей естественной смертности в качестве показателя влияния окружающей среды и результирующего физиологического напряжения в организме человека.

Анализ смертности в г. Хабаровске в летний сезон показывает, что повышенная летальность отмечается, если волна тепла определяется по средней за сутки температуре при разной ее длительности; результаты признаны статистически значимыми на 95 %-ном уровне. При этом максимальная смертность – 29,5 случаев – наблюдалась при длительности волны пять суток и более с отсроченным эффектом в один день, т.е. на 36 % выше среднего для лета значения, что составило 8 случаев дополнительной смертности в день. С 2000 по 2012 г. наблюдалось четыре таких эпизода – в августе 2005, июле 2007, июне 2010 г., а максимальная длительность и интенсивность отмечались в июле 2011 г. в течение 11 дней.

Так как таких эпизодов с экстремальным и длительным (5 и более дней) повышением температуры выявлено не так много, мы предлагаем определять волны тепла в летний период года по превышению среднесуточной температурой 95 %-ного процентиля в течение трех и более дней. Интенсивность волны тепла определяется как сумма превышений средней температуры за период с волной, в °С.

Пространственно-временной анализ волн тепла на юге ДВ показал, что наименьшее число волн регистрировалось в 1960–1969, наибольшее 1980–1989 гг. с максимальным количеством на континентальных станциях; во всех случаях самые длительные волны оказывались наиболее интенсивными (рис. 1).

На рисунке 2 приведены схемы пространственного распределения волн тепла: длительность (рис. 2а), интенсивность и изолинии 95 %-ного процентиля средних температур (рис. 2б). Все эти величины максимальны для континентальных районов и значительно ниже – для морских прибрежных.

Максимальная длительность и интенсивность отмечались в июле 2011 г., когда волна тепла проходила в течение месяца, охватила обширную территорию на севере и в центральной части региона. Максимальные величины наблюдались в Нелькане (длительность 25 дней и интенсивность 62 °С).

Известно, что длительность волны тепла связана с установлением на территории малоподвижного стационарного антициклона [Груза, Ранькова, 2012]; последующий анализ синоптических ситуаций позволит выявить причины в каждом отдельном случае.

Таким образом, нами показано, что в условиях континентального муссонного климата летом волны тепла лучше всего определяются по среднесуточным температурам с использованием количественного вероятностного подхода, при этом смертность может увеличиваться на 36 % по сравнению со средними величинами, что составляет около 8 случаев дополнительной смертности.

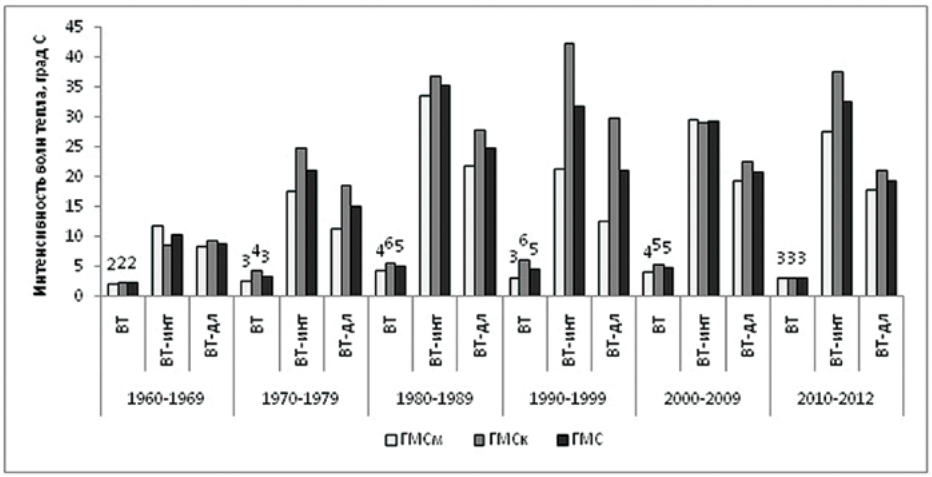


Рис. 1. Число волн тепла (ВТ), их интенсивность (ВТ-инт, °С) и продолжительность (ВТ-дл, дни) по десятилетиям для всех гидрометеостанций (ГМС) и отдельно для континентальных (ГМСк) и морских (ГМСм), континентальная часть юга Дальнего Востока, 1960–2012 гг.

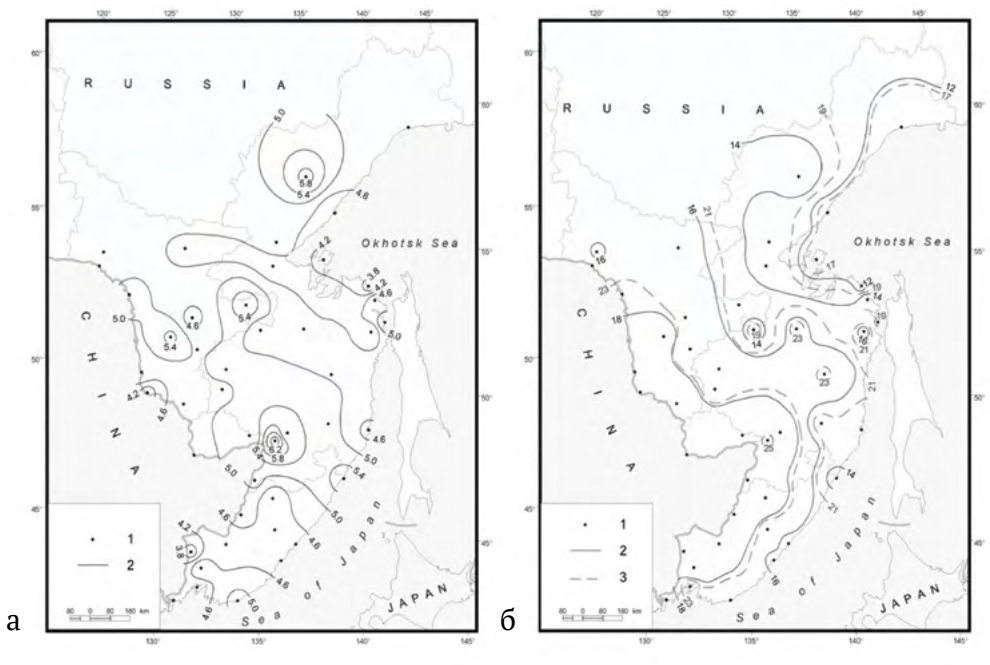


Рис. 2. Пространственное распределение основных характеристик волн тепла, осредненных для лета за 1960–2012 гг.; а – длительность: 1 – ГМС, 2 – изолинии равной длительности, дни; б – интенсивность: 1 – ГМС, 2 – изолинии равной интенсивности, °С, 3 – изолинии 95 %-ного процентиля среднесуточных температур, °С

Результаты исследования зависимости состояния здоровья от качества окружающей среды могут служить основанием при разработке программ безопасности жизнедеятельности населения, позволяющих более эффективно управлять развитием территории, вести научно обоснованную региональную демографическую политику.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 15-02-00259.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Груза Г.В., Ранькова Э.Я. *Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха.* Обнинск: ФБГУ «ВНИИГМИ – МЦД», 2012. 194 с.

Лапко А.В., Поликарпов Л.С. *Климат и здоровье* (*метеотропные реакции сердечно-сосудистой системы*). Новосибирск: ВО «Наука», Сибир. издат. фирма, 1994. 104 с.

Методические рекомендации «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания». МУК 4.3.1895-04. Минздрав России, 2004. База нормативной документации. URL: https:www.complexdoc.ru

Ревич Б.А. Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата // *Проблемы прогнозирования*. 2008. № 3. С. 140–150.

Basagaña X., Sartini C., et al. Heat waves and cause-specific mortality at all ages. *Epidemiology.* 2011. Vol. 22. P. 765–772.

Johnson H., Kovats R.S., et al. The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. *Health Statistics Quarterly.* 2005. Vol. 25. P. 6–11.

Klinenberg E. Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago. *Imprints.* 2002. Vol. 8(3). P. 283–289.

Nixdorf-Miller A., Hunsaker D.M., Hunsaker III J.C. Hypothermia and hyperthermia medicolegal investigation of morbidity and mortality from exposure to environmental temperature extremes. *Arch. Pathol. Lab. Med*. 2006. Vol. 130. P. 1297–1304.

Robinson P.J. On the definition of a heat wave. *J. Appl. Meteorol*. 2001. Vol. 40. P. 762–775.

ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРИЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Т.Е. Данова

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
danova8@mail.ru

Введение. Современные климатические изменения придают задаче мониторинга основополагающее значение. Мониторинг, как известно, включает в себя долговременные измерения многих параметров атмосферы и подстилающей поверхности, анализ изменений состояния системы атмосфера – поверхность и прогноз этих изменений в будущем. Климатические наблюдения необходимы для: определения текущего состояния климата и его изменчивости; проведения мониторинга воздействий естественного и антропогенного происхождения на климат; обеспечения исследований по идентификации причин климатических изменений; предсказания глобальных изменений климата; исследования динамики экстремальных явлений, оказывающих важное влияние на хозяйственную деятельность и приводящих к необходимости разработки адаптационных мер; оценки риска и уязвимости [http://www.gosic.org/ios/GCOS-main-page.htm; http://www.wmo.ch; http://www.undg.org; Greenaway, 2006].

Последствия слишком быстрого изменения климата представлены широким спектром разнонаправленных и разномасштабных явлений. Успешная социально-экономическая политика страны зависит от многих факторов.

Целью работы является оценка влияния современных климатических изменений на динамику составляющих климатической системы Причерноморского региона во второй половине XX – начале XXI века. Задача состоит в проведении комплексных статистических исследований: атмосферных процессов в рамках Причерноморского региона, изучении пространственно-временного распределения неблагоприятных и опасных метеорологических явлений на территории Крымского полуострова для целей метеорологической радиолокации.

Методы и материалы исследования. База исследования основывается на высококачественных данных, которые извлекались из национальных и международных баз данных и охватывают различные параметры атмосферы, характеризующие разной длительности временные периоды. Были использованы данные: 146 гидрометеорологических станций за осадками (количество осадков и число дней с дождем и снегом за год) за период 1971–2010 гг.; 164 гидрометеорологических станции при анализе повторяемости грозоградовых явлений (1961–2010 гг.); 52 гидрометеорологических станции при анализе повторяемости тумана за период 1961–2012 гг.; данные климатического справочника СССР за период 1936–1965 гг. [http://www.tutiempo.net/clima.htm]; массив данных радиозондирования атмосферы за теплый период года (апрель – сентябрь) за период с 1973 по 2012 г. срок 00 часов по Гринвичу по 10 аэрологическим станциям [http://weather.uwyo.edu]. Все станции находятся на территории стран, граничащих с Чёрным морем или находящихся на пути перемещения воздушных потоков к Чёрному морю: Россия, Грузия, Армения, Турция, Румыния, Болгария, Греция, Чехия, Польша, Украина. Таким образом, исследования проводились для территории, ограниченной сторонами квадрата от 35° до 53° с.ш. и от 15° до 48° в.д., площадью около 7,3 млн км^2.

Проведены комплексные статистические исследования атмосферных процессов в рамках Причерноморского региона, проведено районирование территории Крымского полуострова по неблагоприятным и опасным метеорологическим явлениям. Для выявления динамики ряда атмосферных явлений на территории региона весь период наблюдений был разделен на десятилетние периоды. Таким образом, в результате исследования получены значения аномалий для каждого десятилетия. В данном случае используется отклонение среднего

значения исследуемой величины для данной станции за каждое десятилетие от многолетнего среднего значения характеристик для этой точки.

Анализ результатов. Исследования показали, что значительный рост количества осадков в период 1991–2000 гг. связан в большей мере с увеличением интенсивности осадков. Динамика последнего десятилетия всех характеристик осадков свидетельствует об уменьшении количества осадков и числа дней с дождем, но, самое главное, о значительном снижении числа дней со снегом. Учитывая, что для степных и лесостепных районов снежный покров является основным источником увлажнения почвы, полученные отрицательные аномалии являются основным тревожным сигналом для различных отраслей народного хозяйства Причерноморского региона (рис. 1).

Учитывая современную тенденцию к повышению температуры воздуха, характерную для Причерноморского региона, было проведено исследование изменчивости высоты трех уровней в тропосфере: уровень нулевой изотермы t = 0,0 °С, который разделяет атмосферу на части с положительными и отрицательными температурами; уровень естественной кристаллизации t = –15,0 °С, от высоты расположения которого зависит фазовое состояние осадков; уровень интенсивной кристаллизации t = –32,0 °С, от высоты расположения которого зависит возможность формирования и выпадения крупного града. Выявлено повышение основных температурных уровней, что свидетельствует об устойчивом прогреве тропосферы (рис. 2).

Анализ режима тропосферного ветра, расчеты кинетической энергии и влагосодержания и влагопереноса в тропосфере позволил выявить, что средняя и верхняя тропосфера характеризуется уменьшением скорости ветра, за период 1973–2012 гг. наблюдаются снижение запасов кинетической энергии и уменьшение количества циркулирующей в атмосфере региона влаги [Данова, 2013; Данова, Петричиц, 2014].

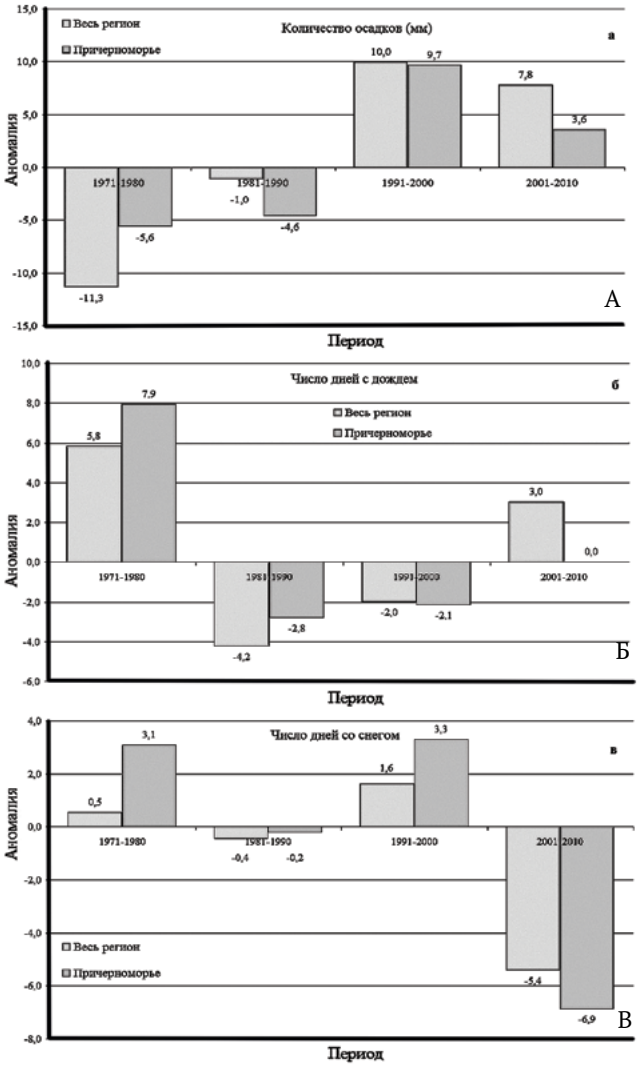


Рис. 1. Распределение суммы аномалий количества осадков (А), числа дней с дождем (Б) и снегом (В) по десятилетиям

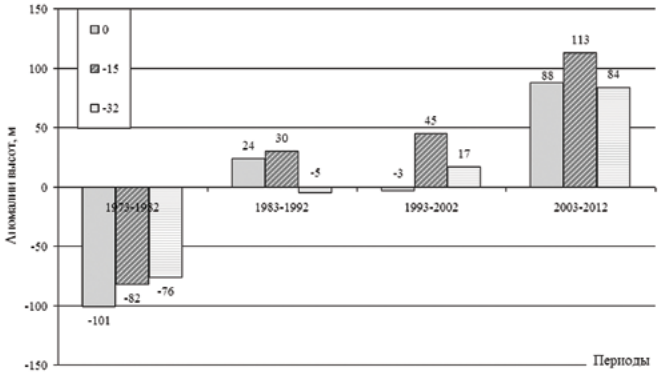


Рис. 2. Динамика высот температурных уровней за сорок лет

Пространственное распределение максимума неблагоприятных метеорологических явлений на территории Крымского полуострова совпадает с зонами дислокации наиболее уязвимых сельскохозяйственных насаждений [Данова, Перелыгин, 2015]. В связи с этим одним из важных направлений является формирование рекомендаций по организации региональной радиолокационной сети для наблюдений за состоянием атмосферы, выполняющей функцию синоптического и климатического мониторинга, а также используемой по предотвращению градобитий и перераспределению осадков.

Выводы. Региональные изменения климата проявляются в повышении температуры воздуха (особенно в зимний период), отрицательные аномалии повторяемости осадков в виде снега свидетельствуют о дефиците снегонакопления и запаса влаги в почве, что является основным тревожным сигналом для различных отраслей народного хозяйства стран, входящих в регион Причерноморья.

В то же время прогретая тропосфера Причерноморского региона приобретает свойства тропической, для которой при вторжении холодных воздушных масс является естественным формирование мощной кучево-дождевой облачности, выпадение сверхкрупного града, длительные и интенсивные грозы, возникновение смерчей и ураганных ветров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

База данных испанского климатического сайта TUTIEMPO. URL: http://www.tutiempo.net/clima.htm

База данных радиозондирования атмосферы UWYO. URL: http://www.weather.uwyo.edu

Данова Т.Е. Современная динамика кинетической энергии в тропосфере Причерноморья // *Вестник УдГУ: Биология. Науки о Земле*. 2013. № 3. С. 100–105.

Данова Т.Е., Перелыгин Б.В. Повторяемость стихийных явлений погоды в районе Северного побережья Чёрного моря // *Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата:* сб. трудов второй междунар. науч. конф. с элементами научной школы. Ставрополь, 21–25 сентября 2015 г. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015. С. 153–156.

Данова Т.Е., Петричиц С.А. Динамика высот температурных уровней в тропосфере Причерноморского региона // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. Симферополь: КНЦ, 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 502–505.

Официальный сайт GCOS. URL: http://www.gosic.org/ios/GCOS-main-page.htm

Официальный сайт ВМО. URL: http://www.wmo.ch; http://www.wmo.int

Greenaway F. Science International: *A History of the International Council of Scientific Unions*. Cambridge & New York: Cambridge University Press, 2006.

United Nations Environment Programme. unep.org. November 2011. Retrieved November 17, 2011. URL: http://www.undg.org/index.cfm?P=13

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Т.Е. Данова[1], М.П. Никифорова[2]

[1]Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
[2]Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Севастополь, Россия
danova8@mail.ru

Введение. Последнее десятилетие на Европейский регион обрушивались мощные ливни, приводящие к сильным наводнениям, наступали периоды сильной жары и суровых холодов. Подобная динамика является характерной для эпохи современных климатических изменений [Houghton et al., 2001]. Безусловно, изменения климата являются естественным, всегда наблюдаемым процессом, сегодня наибольшее значение имеет скорость климатических изменений. Нынешняя усиливающаяся нестабильность глобальной климатической системы может привести к возрастанию изменчивости климата. В частности, ожидается увеличение повторяемости и интенсивности экстремальных температур [Houghton et al., 2001; Klein Tank et al., 2002; Rahmstorf, Coumou, 2011], последствия чего проявятся в политической, социальной, экологической и медико-санитарной сферах. В этой связи актуальность приобретают правильно выбранные меры, способные предупредить хотя бы некоторые воздействия таких экстремальных погодных и климатических явлений на здоровье человека.

Сильная жара, наблюдавшаяся летом 2003 года в Европейском регионе, вызвала дополнительную смертность во Франции, на севере Италии и в Португалии [Kорре et al., 2005; Barriopedro et al., 2011]. Причины аномальной жары в России в июле – августе 2010 года детально оценены в ряде работ [Barriopedro et al., 2011; Schubert et al., 2011; Grumm, 2011]. Министерство здравоохранения и социального развития отмечает, что в ряде регионов в июле этого года, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, из-за аномальной жары существенно вырос уровень смертности. «Июль 2010 года в Российской Федерации характеризовался аномально высокими температурами, что не замедлило отразиться на росте смертности от болезней системы кровообращении – на 10,6 % по сравнению с прошлым годом. Эти причины в целом повлияли на рост общей смертности в июле 2010 года – на 8,6 %», – отмечали в ведомстве [https://news.mail.ru/incident/4355549].

Оценка последствий этих и предыдущих периодов сильной жары для состояния окружающей среды и здоровья людей показала необходимость анализа причин возникновения этих ситуаций, решения вопросов прогнозирования и предупреждения, а также определения зависимости между подверженностью действию жары и целым рядом последствий для здоровья. Ведь до последнего времени периоды сильной жары не считались серьезной угрозой для здоровья людей, имеющей «эпидемический» потенциал в Европейском регионе.

Отсутствие знаний о механизмах адаптации и акклиматизации в регионах с жарким климатом может представлять опасность для здоровья, особенно для приезжающих отдыхать. В регионах с жарким климатом возможно формирование как специфических болезней – тепловых поражений, так и увеличение числа случаев заболеваний, встречающихся во всех климатических зонах, в частности нервно-психических расстройств, болезней кожи, травм, мочекаменной болезни, болезней сердечно-сосудистой системы особенно у лиц старше 45 лет, а также ОРВИ.

В связи с этим исследования повторяемости периодов с высокими температурами имеют актуальных характер и являются своевременными и необходимыми для социального обеспечения и охраны здоровья пожилых людей и других групп повышенного риска с целью снижения их чувствительности к действию экстремальных температур.



Рис. 1. Рассматриваемые метеорологические станции Крымского полуострова

Методы и материалы исследования. Исследования изменчивости температурного режима проводились по данным среднемесячных значений 19 станций Крымского полуострова (рис. 1) за период 1969–2014 гг.

Одним из показателей изменчивости температурного режима является частота превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой. Случаи превышения среднемесячной температуры воздуха были разбиты по градациям: умеренное превышение – от σ до 2,0σ, сильное – от 2,0σ до 2,5σ и очень сильное – >2,5σ. Каждая из градаций характеризует интенсивность превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой. Весь период наблюдений был разбит на пятилетние отрезки, для которых было просчитано число случаев, попадающих в градации. В качестве климатической нормы использовались среднемесячные значения температуры воздуха за период 1961–1990 гг., за этот же период рассчитаны значения среднеквадратического отклонения для каждого месяца.

Обсуждение результатов. Рассчитанные для каждой станции для всех пятилетних периодов число превышений >σ представлены в таблице 1. Результаты свидетельствуют об устойчивом увеличении числа случаев превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой на величину >σ. За весь рассматриваемый период наблюдений 1969–2014 гг. наблюдается рост повторяемости таких ситуаций в 3,5 раза. Наибольшее число случаев характерно для ст. Раздольное, Почтовое и Алушта. В годовом ходе максимум повторяемости превышений от 10 до 14 % характерен для курортного сезона с июня по сентябрь. Отметим, что значительный рост числа случаев превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой наблюдается во все месяцы года.

Распределение повторяемости (%) превышения среднемесячной температуры воздуха по градациям показало, что в среднем 85 % приходится на умеренную градацию, а на сильную и очень сильную 8 и 7 % соответственно. За весь период лет наблюдается устойчивая динамика снижения попадания числа случаев в умеренную градацию с 94 % в период 1969–1973 гг. до 67 % в период 2009–2014 гг. В то же время в градации сильное превышение (от 2,0σ до 2,5σ) фиксируется рост повторяемости с 6 до 15 % и в градации очень сильное превышение (>2,5σ) с 0 до 18 %. Подобное распределение повторяемости свидетельствует о значительном превышении среднемесячных температур последних лет (1999–2014 гг.) над климатической нормой (1961–1990 гг.).

Наиболее интересна для анализа градация очень сильное превышение (>2,5σ), т.к. дает представление об интенсивности повышения температуры на Крымском полуострове. Анализ расчетов показал, что эта градация фиксируется здесь с июня по сентябрь за период лет 1999–2014 гг., а в период 2009–2014 гг. с мая по ноябрь практически на всех станциях. Такая динамика свидетельствует о значительном повышении температуры в эти месяцы.

Таблица 1. Число случаев превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой (σ за период 1961–1990 гг.)

Год	1969–1973	1974–1978	1979–1983	1984–1988	1989–1993	1994–1998	1999–2003	2004–2008	2009–2014	Сумма
Алушта	11	7	9	8	7	13	22	19	49	145
Никита	13	7	10	7	8	12	18	15	34	124
Ялта	11	7	8	6	7	12	20	18	43	132
Евпатория	9	8	9	7	11	16	22	18	35	135
Севастополь	9	8	11	6	7	16	21	14	38	130
Черноморское	10	9	9	6	8	16	20	16	40	134
Феодосия	10	9	9	6	10	11	17	17	38	127
Керчь	11	9	10	8	9	11	17	23	38	136
Ай-Петри	8	9	10	10	7	15	17	18	34	128
Ишунь	10	10	10	7	10	14	20	20	33	134
Ангарский перевал	15	12	8	11	8	9	10	18	16	107
Владиславовка	10	8	10	4	7	12	19	18	37	125
Раздольное	7	10	11	8	10	15	20	25	37	143
Белогорск	9	9	10	7	8	14	16	18	34	125
Джанкой	10	9	12	5	9	13	21	22	37	138
Почтовое	10	10	11	9	7	19	23	23	38	150
Нижнегорское	10	9	10	5	8	10	18	16	33	119
Клепинино	9	8	12	7	9	13	21	18	35	132
Симферополь	10	10	11	8	7	17	21	13	32	129
Сумма за период по полуострову	192	168	190	135	157	258	363	349	681	

Анализ коэффициентов σ в градации очень сильное превышение (>2,5σ) выявил, что максимальные превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой наблюдаются в августе и сентябре – более 5,0σ (табл. 3). Зафиксированы такие превышения на ст. Керчь (5,9σ в период 2004–2008 гг. и 5,6σ в период 2009–2014 гг.), Белогорск (5,0σ в период 2004–2008 гг.) и Алушта (5,2σ в период 2009–2014 гг.). Даже для горной станции Ангарский перевал характерны превышения от 2,9σ до 4,3σ.

Таблица 2. Повторяемость (%) превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой по градациям

Градации	Периоды								
	1969–1973	1974–1978	1979–1983	1984–1988	1989–1993	1994–1998	1999–2003	2004–2008	2009–2014
Умеренная	94	78	94	94	86	90	86	74	67
Сильная	6	14	6	6	5	3	7	14	15
Очень сильная	0	8	0	0	9	7	6	12	18

Таблица 3. Максимальное значение коэффициента при σ в градации очень сильное превышение (>2,5σ)

Период	Месяц						
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
1999–2003	2,6		4,1	2,7	4,3		
2004–2008		3,0	3,4	5,0	5,9		2,6
2009–2014	3,9	3,3	3,5	5,2	3,9	3,9	5,6

Выводы. Проведенные исследования изменчивости температурного режима по частоте превышения среднемесячной температуры воздуха над климатической нормой выявили значительный рост повторяемости таких ситуаций: в 3,5 раза на всем Крымском полуострове за исследуемый период. При этом положительной динамикой характеризуются градация сильное превышение (от 2,0σ до 2,5σ), где фиксируется рост повторяемости с 6 до 15 %, и градация очень сильное превышение (>2,5σ) с 0 до 18 %. Подобная динамика свидетельствует о значительном превышении среднемесячных температур последних лет (1999–2014 гг.) климатической нормы (1961–1990 гг.). Значения коэффициентов σ в градации очень сильное превышение достигают 5,9σ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Расписание погоды. URL: http://rp5.ru

Koppe C., Kovats S., et al. Периоды сильной жары: угрозы и ответственные меры. *WHO Regional Office for Europe. Серия. Здоровье и глобальное изменение окружающей среды.* 2005. № 2. P. 118.

Barriopedro D., Fischer E.M., et al. The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. *Science*. 2011. Vol. 332. P. 220–224. doi:10.1126/science.1201224

Grumm R. The Central European and Russian Heat Event of July-August 2010. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2011. Vol. 92. P. 1285–1296. doi: 10.1175/2011BAMS3174.1

Houghton J.T. et al., eds. *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warming world. *PNAS*. 2011. 5 p. doi: 10.1073/pnas.1101766108

Schubert S., Wang H., Suarez M. Warm Season Subseasonal Variability and Climate Extremes in the Northern Hemisphere: The Role of Stationary Rossby Waves. *J. Climate*. 2011. Vol. 24. P. 4773–4792. doi: 10.1175/JCLI-D-10-05035.1

Tank Klein A., Wijngaard J., van Engelen A. *Climate of Europe: assessment of observed daily temperature and precipitation extremes*. De Bilt, the Netherlands, Royal Dutch Meteorological Institute, 2002.

URL: https://news.mail.ru/incident/435549

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МОЛОДЬ КАМЧАТСКОГО КРАБА В ГУБЕ ДАЛЬНЕЗЕЛЕНЕЦКАЯ (Баренцево море)

А.Г. Дворецкий, В.Г. Дворецкий

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН
г. Мурманск, Россия, dvoretskiya@mmbi.info

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* был вселен в Баренцево море в 1960-х годах. К настоящему времени вид сформировал новую отдельную популяцию [Кузьмин, Гудимова, 2002]. Активный промысел краба в российских водах Баренцева моря ведется с 2004 г. [Dvoretsky, Dvoretsky, 2015]. Недавние оценки показывают, что численность молоди в российских водах достигает высоких величин. Так, в 2003–2007 гг. она составляла 28–163 млн экз.

Внедрение нового вида повлекло за собой некоторую перестройку донных экосистем, связанную, прежде всего, с включением краба в бентосные пищевые цепи, распространение некоторых симбионтов и обрастателей, конкуренцию с другими гидробионтами [Дворецкий, Дворецкий, 2010; 2013; 2014; 2016; Dvoretsky, Dvoretsky, 2010; 2011; Дворецкий, 2012; 2013а, б, 2014]. На любой вид в составе морских сообществ действуют не только биотические факторы (конкуренция, влияние хищников, паразитов, разнообразные трофические связи и т.д.), но и внешние условия, прежде всего климатические факторы.

Связь между климатическими факторами, численностью и обилием камчатского краба изучалась ранее на примере крупных особей [Карсаков, Пинчуков, 2009]. Однако для промысловых видов одним из главных факторов, влияющих на их численность, является вылов. С этой точки зрения более оправданно использовать данные по неполовозрелым особям [Sanchez-Rubio et al., 2011]. Цель работы – оценить влияние климатических факторов на численность молоди камчатского краба и ответить на вопрос, может ли краб быть индикатором вариаций климата в Баренцевом море.

Материал для исследований был отобран в ходе береговых экспедиций в губе Дальнезеленецкая с 2002 по 2010 г. Отлов крабов проводили водолазы с глубин 3–40 м. Неполовозрелыми считали крабов с шириной карапакса менее 100 мм. С учетом данных по росту молоди [Дворецкий, 2011; Dvoretsky, Dvoretsky, 2014] эти крабы были условно разбиты на две возрастные группы – 0–2-летние и 3–5-летние особи. Оценку запаса камчатского краба проводили при помощи программы КартМастер (ВНИРО, Москва) по методу сплайн-аппроксимации. В качестве основных климатических параметров рассматривали: 1) аномалии температуры воды на вековом разрезе «Кольский меридиан» (33°30’ в.д., для слоя 200–0 м; 2) значения показателей глобальной атмосферной циркуляции – зимнего индекса NAO (North Atlantic Oscillation – Североатлантическое колебание). Поскольку камчатский краб – долгоживущий вид, для анализа были взяты данные за период с 1997 по 2010 г.

Аномалии температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» в 2002–2009 гг. были положительными, они варьировали от 0,13 до 1,39 °С. В предшествующий период, 1997–1998 гг., были отмечены отрицательные аномалии. Прослеживалась тенденция роста величины аномалий от 2002 до 2006 г., после чего следовал выраженный спад, и в 2009–2010 гг. температура воды была близка к норме. Увеличение температуры в Баренцевом море во многом связано с усилением притока теплых вод атлантического происхождения [Matishov et al., 2012]. Наибольшее значение индекса NAO регистрировали в 2006 г. (1,66), наименьшее – в 2010 г. (–2,57).

Запас молоди камчатского краба в губе Дальнезеленецкая в летний период 2002–2010 гг. колебался в пределах от 350 до 6800 экз., в среднем составляя 3411±729 экз. В 2008 г. отмечали резко снижение суммарного запаса камчатского краба, максимальная численность была

обнаружена в 2006 г. Вклад возрастной группы 0–2 года в общий запас молоди варьировал от 5 до 100 % (56±12 %). В 2010 г. основу численности ювенильных особей составляли 3–5-летние крабы (рис. 1).

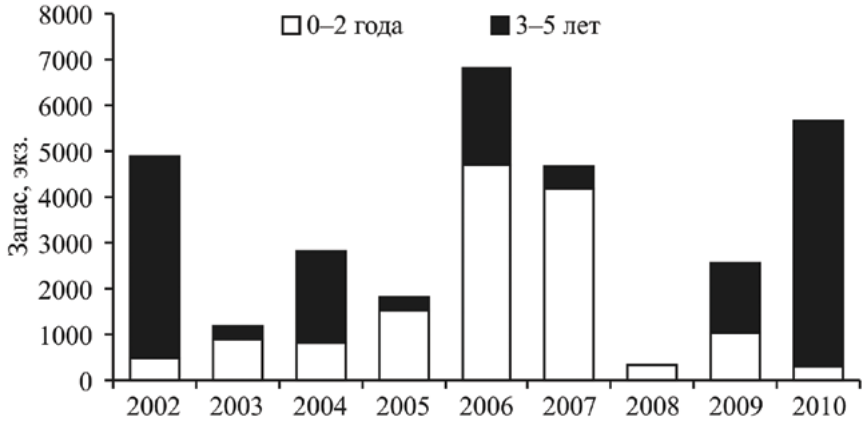


Рис. 1. Динамика запаса молоди камчатского краба разного возраста в губе Дальнезеленецкая в летний период 2002–2010 гг.

Регрессионный анализ показал, что суммарная численность молоди не зависела от аномалий температуры и индексов атмосферной циркуляции. В то же время запас возрастной группы 0–2 года достоверно возрастал при увеличении температуры воды. Отметим, что температурные условия предшествующих лет не оказывали достоверного влияния на численность ранней молоди. Можно предположить, что молодь данной возрастной группы лучше выживает при более благоприятных температурных условиях. Кроме того, в теплые годы смертность зоопланктона [Дворецкий, Дворецкий, 2011; 2015], к которому относятся личинки камчатского краба, ниже, следовательно, пополнение популяции идет быстрее.

Количество более зрелых крабов (3–5 лет) не зависело от температуры воды текущего года, но статистически значимо снижалось при рассмотрении данных по температуре со сдвигом на 1 год назад. Такой результат достаточно сложно объяснить, однако можно предложить следующую гипотезу: с ростом температуры воды происходит увеличение численности рыб потенциальных потребителей камчатского краба, но поскольку их реакция на потепление также запаздывает, отрицательный эффект сказывается позже, когда молодь краба достигает 3–5 лет. Схожая ситуация описана для камчатского краба у берегов Аляски [Bechtol, Kruse, 2009]. Отметим также, что исследования, проведенные ранее в водах Западной Камчатки, показали, что снижение численности камчатского краба (самцов промыслового размера) может наблюдаться как в холодные, так и в теплые годы [Nizyaev et al., 1990].

Запас ранней молоди (0–2 года) слабо зависел от атмосферной циркуляции. Численность 3–5-летних крабов была обратно скоррелирована с индексами NAO текущего года, прямая связь отмечена при рассмотрении показателей со сдвигом на 2 года назад.

Дополнительно отметим, что в теплые годы может возрастать обилие потребителей ранневозрастной части популяции *P. camtschaticus* в прибрежье Баренцева моря или уменьшаться запас доступной пищи. Также следует учитывать, что камчатский краб – чужеродный вид в донных сообществах Баренцева моря [Dvoretsky, Dvoretsky, 2009; 2010; 2012; 2013]. Эффекты вселения еще не до конца ясны, но уже сейчас очевидно, что краб может оказывать влияние на бентос прибрежных экосистем [Дворецкий, 2012]. Интенсивное выедание донных организмов в районах с их низкой плотностью может вести к снижению кормовой базы *P. camtschaticus*, например морских ежей, и, как следствие, к значительным колебаниям его численности.

Подводя итог, можно заключить, что в качестве индикатора климатических изменений целесообразно использовать запас молоди камчатского краба 0–3 лет, поскольку он не подвержен промысловому изъятию и более адекватно отражает текущий статус популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дворецкий А.Г. Модель роста молоди камчатского краба в Баренцевом море // *Труды ЗИН*. 2011. Т. 315. № 1. С. 75–84.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 1. Выедание бентоса // *Вопросы рыболовства*. 2012. Т. 13. № 1(49). С. 18–34.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 2. Конкуренция с местными видами // *Вопросы рыболовства.* 2013а. Т. 14. № 1(53). С. 16–25.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 3. Ассоциированные организмы // *Вопросы рыболовства*. 2013б. Т. 14. № 3(55). С. 406–420.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 4. Промысел и социально-экономические аспекты // *Вопросы рыболовства*. 2014. Т. 15. № 1. С. 7–20.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Динамика популяционных показателей камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря в 2002–2008 гг. // *Вопросы рыболовства.* 2010. Т. 11. № 1(41). С. 100–111.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Смертность планктонного рачка *Oithona similis* Claus, 1866 (Copepoda: Cyclopoida) в Баренцевом и Белом морях // *Биология моря*. 2011. Т. 37. № 2. С. 116–123.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Некоторые черты биологии камчатского краба в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море) в летний период // *Рыбное хозяйство*. 2013. № 5. С. 79–84.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Особенности биологии камчатского краба в прибрежье Баренцева моря в летний период // *Вестник СПбГУ.* 2014. Сер. 3. Вып. 1. С. 5–13.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. *Экология зоопланктонных сообществ Баренцева моря и сопредельных вод.* СПб.: Реноме, 2015. 736 с.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Исследование сообщества обрастателей камчатского краба в губе Дальнезеленецкая в 2011 году // *Рыбное хозяйство*. 2016. № 2. С. 57–59.

Карсаков А.Л., Пинчуков М.А. Расселение и условия обитания камчатского краба в российских водах Баренцева моря // *Вопросы промысловой океанологии*. 2009. Вып. 6. № 1. С. 150–163.

Кузьмин С.А., Гудимова Е.Н. *Вселение камчатского краба в Баренцево море. Особенности биологии, перспективы промысла.* Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 236 с.

Bechtol W.R., Kruse G.H. Reconstruction of historical abundance and recruitment of red king crab during 1960–2004 around Kodiak, Alaska. *Fisheries Research*. 2009. Vol. 100. P. 86–98.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Limb autotomy patterns in *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), an invasive crab, in the coastal Barents Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2009. Vol. 377. P. 20–27.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Epifauna associated with an introduced crab in the Barents Sea: a 5-year study. *ICES Journal of Marine Science.* 2010. Vol. 67. P. 204–214.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Population biology of *Ischyrocerus commensalis*, a crab-associated amphipod, in the Southern Barents Sea: a multi-annual summer study. *Marine Ecology*. 2011. Vol. 32. No 4. P. 498–508.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Does spine removal affect molting process in the king red crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea? *Aquaculture.* 2012. Vol. 326–329. P. 173–177.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Population dynamics of the invasive lithodid crab, *Paralithodes camtschaticus*, in a typical bay of the Barents Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 2013. Vol. 70. P. 1255–1262.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Size-at-age of juvenile red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the coastal Barents Sea. *Cahiers de Biologie Marine*. 2014. Vol. 55. No 1. P. 43–48.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Commercial fish and shellfish in the Barents Sea: Have introduced crab species affected the population trajectories of commercial fish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2015. Vol. 25. No 2. P. 297–322.

Matishov G.G., Dzhenyuk S.L., et al. Climate and oceanographic processes in the Barents Sea. *Berichte zur Polarforschung*. 2012. Vol. 640. P. 63–73.

Nizyaev S.A., Fedoseev V.Ya., et al. Effect of hydrological conditions on harvest of populations of the king crab (*Paralithodes camtschatica*). In: *Proceedings of the International Symp. on king and tanner crabs. Alaska Sea Grant College Program, Report № 90-04*. Fairbanks: University of Alaska, 1990. P. 435–445.

Sanchez-Rubio G., Perry H.M., et al. Climate-related hydrological regimes and their effects on abundance of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) in the North Central Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin.* 2011. Vol. 396. P. 139–146.

ТИПЫ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ И ИХ СВЯЗЬ С ХАРАКТЕРНЫМИ РЕЖИМАМИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ

В.П. Евстигнеев[1, 2], Н.А. Лемешко[3], В.А. Наумова[1], М.П. Евстигнеев[2]

[1]Севастопольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Севастополь, Россия
[2]Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
[3]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
vald_e@rambler.ru

Введение. Температура воздуха является одним из наиболее широко используемых индикаторов состояния климатической системы, как на глобальном, так и на региональном уровне. Отклонение среднемноголетней температуры воздуха от принятых стандартных климатических норм может свидетельствовать об изменении климата. Однако даже незначительные изменения осредненных значений температуры воздуха или другого метеорологического элемента в выборках разной продолжительности может приводить к существенному изменению в экстремальном диапазоне его изменчивости. Например, считается [Coumou, Robinson, 2013], что в будущем при сохранении тенденции к потеплению климата Земли увеличится общая площадь территорий, охваченных влиянием температурных аномалий синоптического масштаба (волны тепла), которые могут усиливаться вследствие развития почвенной засухи (проявление положительной обратной связи почва – климат) [Zampieri et al., 2009], изменения режима атмосферной циркуляции и уменьшения облачности [Caesar et al., 2006] и влияния близлежащих морских акваторий [Feudale, Shukla, 2011].

В настоящей работе на основе данных стандартных наблюдений сети метеорологических станций исследованы особенности пространственно-временного распределения аномалий среднемесячных значений температуры воздуха вдоль побережья Чёрного и Азовского морей (АЧР) и их сопряженность с характеристиками циркуляции атмосферы и динамики квазипостоянных центров действия атмосферы. Несмотря на большое количество публикаций, посвященных анализу аномалий температуры воздуха в Европе на фоне современных тенденций изменения климата, данных по Азово-Черноморскому району в них почти не приводится, что связано с географическим положением региона и недоступностью данных наблюдений. Чёрное и Азовское моря находятся либо на границе расчетной области, либо включены в расчет лишь частично.

Данные, использованные в работе. В работе использованы данные о средней месячной температуре воздуха на 41 метеорологических станциях АЧР, собранные из различных источников, включая метеорологические базы данных Украины, России, а также массив Global Historical Climatology Network (GHCN). По каждой станции были получены ряды месячных аномалий путем вычитания из значений температуры воздуха ее среднемноголетней величины и последующей нормализации аномалий на стандартное отклонение. Среднемноголетние средние и стандартные отклонения рассчитывались отдельно для каждого месяца. При сравнительном анализе пространственно-временного распределения аномалий температуры воздуха в рассматриваемом регионе и их сопряженности с атмосферными процессами требуется выбор единого периода лет. В качестве такового был выбран 60-летний период 1951–2010 гг. Ряды данных содержали пропуски для разных месяцев (по отдельным годам до 10–15 %), в связи с чем потребовалось восстановление пропусков наблюдений. Для восстановления данных нами была использована методика, основанная на ЭОФ-разложении температурных пространственно-временных полей.

Анализ сопряженности пространственно-временного распределения температурных аномалий с крупномасштабными атмосферными процессами проводился на основе данных NCEP-NCAR Reanalysis 1 о метеорологических полях на двух изобарических поверхностях – аномалии температуры в приземном слое (850 hPa) и высота геопотенциала в средней тропосфере (500 hPa) (http://www.esrl.noaa.gov/psd). Дополнительно к исследованию были привлечены данные о 4 индексах телеконнекции (NAO, EA, EA/WR, SCAND), характеризующих отдельные моды функционирования атмосферной циркуляции в Северном полушарии, и индекс Арктического колебания (AO), отражающий интенсивность полярной ячейки циркуляции атмосферы (http://www.cpc.ncep.noaa.gov).

Результаты и обсуждение. Для исследования пространственно-временной изменчивости аномалий среднемесячной температуры воздуха в АЧР использовался метод разложения на эмпирические ортогональные функции (ЭОФ). Наибольшей проблемой ЭОФ-анализа является обоснованная интерпретация полученных результатов. Достоверная физическая интерпретация ЭОФ мод возможна при условии, что наблюдаемая величина X является результатом совместного (строго говоря, аддитивного) действия независимых (ортогональных) физических процессов. Причем число таких процессов, как правило, должно быть небольшим. Таким образом, реальное (значимое) количество мод, имеющих смысл и несущих полезную информацию о пространственно-временной структуре метеорологической величины, ограничивается небольшим их количеством. Согласно проведенному тесту Норта было выявлено 3 значимых ЭОФ пространственно-временного распределения аномалий температуры воздуха в АЧР, которые в сумме описывают порядка 94 % общей изменчивости.

Первый ЭОФ 1 связан с распространением температурной аномалии равномерно по всему региону, причем ЭОФ 1 (87,7 % объясненной дисперсии) описывает распределение как положительных, так и отрицательных аномалий. Дело в том, что топологические взаимнообратные распределения аномалий (+ vs -) неразличимы с точки зрения SVD разложения матрицы и характеризуются лишь знаком коэффициента разложения ЭОФ. ЭОФ 2 (4,3 % объясненной дисперсии) отражает меридиональное «дипольное» распределение, когда очаг отрицательной аномалии располагается над северной частью домена, включая северо-западное побережье Чёрного моря, северное побережье Азовского моря и север Крыма, а положительная аномалия охватывает южные регионы, или наоборот. ЭОФ 3 (2,1 % объясненной дисперсии) описывает ситуации, при которых все побережье Азовского моря, а также северо-восточная часть побережья Чёрного моря охвачена аномалией одного знака, в то время как остальная часть домена находится под действием аномалий противоположного знака. Такой тип распределения можно условно назвать «зональным диполем».

Структуры ЭОФ являются идеализированным приближением к реально действующим процессам. Пространственное распределение нагрузок лишь указывает на наличие очагов температурных аномалий, однако может не отражать их реальное пространственное распределение от месяца к месяцу. С другой стороны, сходство структур ЭОФ и климатических полей аномалий будет свидетельствовать об их близости к физически обусловленным модам. К таким выводам приходят при сравнении ЭОФ нагрузок с композитами наиболее близких к ним полей метеорологической величины, причем в качестве количественной меры близости используют величину их счетов (EOF scores). В нашей работе для каждой фазы каждого ЭОФ (EOF1-, EOF2-, EOF3-, EOF1+, EOF2+, EOF3+) были отобраны поля температурных аномалий с наибольшим по модулю счетом (каждая из 6-ти выборок составила около 40 полей). Из этих полей были составлены композитные карты, анализ которых подтвердил подобие композитных карт и нагрузок ЭОФ. Тем не менее окончательный вывод об объективности выделения трех типов распределения температурных аномалий можно сделать на основе анализа атмосферных процессов как единственной непосредственной причины возникновения в АЧР аномалий температуры воздуха.

Для отобранных выше групп случаев были получены 6 композитных карт высоты геопотенциала на уровне 500 hPa и аномалии температуры воздуха на уровне 850 hPa. Анализ показал, что композиты содержат главные черты барико-циркуляционных процессов,

обусловливающих адвекцию тепла и холода в регион АЧР и, следовательно, пространственное распределение температурных аномалий в приземном слое. С точки зрения локализации барических систем на пространстве Атлантико-Европейского сектора указанные композиты могут быть разбиты на 4 главных макротипа, относящиеся к меридиональной форме циркуляции. Подробное описание типов дано в работе. Интересно отметить, что полученные типы находятся в полном соответствии с типами атмосферных макропроцессов, вызывающих в рассматриваемом регионе активное ветровое волнение с развитием штормовых волн [Polonsky et al., 2013].

Возникновение циркуляционных аномалий в атмосфере, как правило, описывают через активизацию основных центров действия атмосферы, возникновение в ее толще длинных волн Россби. Поэтому изменение гидрометеорологического режима отдельных регионов имеет сопряжение с отдаленными областями локализации циркуляционных аномалий, что в климатологической науке принято называть дальней связью [Rust et al., 2015]. Среди наиболее ярких структур над Атлантико-Европейским сектором выделяют моды NAO, AO, EA, EA/WR, SCAND. Каждая отдельная мода телеконнекции отражает, как правило, независимое распределение центров аномалии циркуляции, которое может реализовываться путем изменения повторяемости типов синоптических процессов, таких, например, которые были рассмотрены выше.

В работе выполнен анализ корреляционной связи между индексами телеконнекции и ортогональными функциями пространственно-временного распределения аномалий температуры воздуха в АЧР. Наиболее тесная связь между индексами телеконнекции и главными компонентами приходится на месяцы холодного полугодия. Это является вполне ожидаемым результатом, поскольку именно в холодное полугодие развиваются наиболее яркие атмосферные процессы. В отдельные месяцы каждый из трех типов распределения аномалий в АЧР умеренно связан с 2–3 индексами. Качественно можно выделить следующие группы индексов с учетом знака связи.

Для холодного полугодия: EOF1: - EA/WR-SCAND (умеренная связь); EOF2: - AO(NAO)-EA/WR (умеренная связь); EOF3: - EA/WR+SCAND (умеренная связь).

Для теплого полугодия: EOF1: - EA/WR+EA (умеренная связь); EOF2: слабая связь; EOF3: EA/WR+EA (слабая связь).

Выводы. Основным результатом исследования стало выделение трех типов пространственно-временного распределения аномалий среднемесячной температуры воздуха в АЧР. Проведенный анализ атмосферных процессов в толще тропосферы подтвердил физическую обоснованность выделения трех типов распределения температурных аномалий. Наиболее тесная связь с индексами телеконнекции (NAO, AO, EA, EA/WR, SCAND) выявлена для типа EOF1 (весь регион с аномалией одного знака) и типа «меридиональный диполь» (EOF2) в холодное полугодие. Примечателен вклад моды EA/WR в каждый тип аномалий в АЧР.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00466.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Caesar J., Alexander L., Vose R. Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set. *J. Geophys. Res.* 2006. Vol. 111. D05101. doi: 10.1029/2005JD006280

Coumou D., Robinson A. Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes. *Environ. Res. Lett.* 8 (2013) 034018. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034018

Feudale L., Shukla J. Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part I: an observational study. *Clim. Dyn.* 2011. Vol. 36. P. 1691–1703. doi: 10.1007/s00382-010-0788-0

Polonsky A., Evstigneev V., et al. Low-frequency variability of storms in the northern Black sea and associated processes in the ocean-atmosphere system. *Reg. Environ. Change.* 2013. doi: 10.1007/s10113-013-0546-z

Rust H.W., Richling A., et al. Linking teleconnection patterns to European temperature – a multiple linear regression model. *Meteorologische Zeitschrift*. 2015. Vol. 24. No 4. P. 411–423.

Zampieri M., et al. Hot European Summers and the Role of Soil Moisture in the Propagation of Mediterranean Drought. *J. Clim.* 2009. Vol. 22. P. 4747–4758.

АНАЛИЗ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ И СТИХИЙНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В КРЫМУ

Е.И. Ергина[1, 2], В.О. Жук[1]

[1] Таврическая академия Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
[2] Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь, Россия
zhuk_vladimir2015@mail.ru, ergina65@mail.ru

Введение. В научной литературе последних десятилетий широко обсуждается проблема активизации опасных природных процессов, проявившихся на рубеже XX–XXI вв. Данную проблему, на наш взгляд, необходимо рассматривать в двух аспектах.

Первый предполагает получение качественных и количественных характеристик природных явлений и соотношение с их многовековыми трендами, как в региональном плане, так и в географической оболочке в целом.

Второй предусматривает анализ последствий экономико-социальных воздействий на геоэкосистемы как единственно возможную среду существования человечества.

Цель работы: изучить динамику и тенденции проявления опасных и стихийных метеорологических явлений с целью районирования территории Крымского полуострова по степени их проявления.

Разнообразие физико-географических условий Крыма создает значительные различия в распределении опасных и стихийных гидрометеорологических явлений по территории [Логвинова, Барабаш, 1982].

По статистическим данным ФГБУ «Крымское УГМС» нами подсчитано количество случаев стихийных гидрометеорологических явлений в Крыму в 2010–2015 гг. (табл. 1).

Чтобы рассчитать степень проявления стихийных гидрометеорологических явлений на полуострове, мы провели ранжирование данных показателей (табл. 2). Методика ранжирования в данной работе проводилась для анализа проявления стихийных гидрометеорологических явлений на исследуемой территории. Были подсчитаны следующие опасные и стихийные метеоявления: град, ливневые дожди, ветер со шквалом, гололедные образования, изморозь, снегопад, метель. По сумме данных показателей была рассчитана степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений для каждой из взятых станций методом экспертных оценок [Кропянко, Беспалова, 2016].

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что наивысшая степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений в степном Крыму характерна для станций: «Мысовое» (Ленинский район) – это 19 случаев, для предгорного Крыма для станции «Симферополь», где наблюдается самая высокая степень проявления в Крыму, – это 42 случая за последнее пятилетие [Климатический атлас … 2000; Чорний, 2007].

Для горного Крыма наивысшая степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений характерна для станции «Ай-Петри» – 32 случая за пятилетие.

Рассчитав степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений для каждой из станций, мы провели районирование территории Крыма по степени проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений (рис. 1 и 2).

Анализируя составленную карту (рис. 1), можно отметить, что ярко выражено преобладание стихийных гидрометеорологических явлений в горном Крыму и предгорной части Симферопольского района. Обратная ситуация наблюдается в северо-западной части Крыма и г. Севастополь. Керченский полуостров и южный берег Крыма относятся к зонам относительно невысокой степени проявления стихийных климатических явлений. Однако степень

проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений может сильно варьировать, если учесть местные природные особенности данного региона. Например, южный берег Крыма по степени катастрофического характера отдельных стихийных метеоявлений является самой опасной зоной. Стихийные метеоявления на ЮБК зачастую наносят очень серьезный вред антропогенным ландшафтам [Климатический атлас … 2000; Ергина, 2013]. В результате была построена карта по степени проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на полуострове в разрезе административно-территориального деления территории Крыма (рис. 2).

Из рисунка 2 следует, что к районам с высокой степенью проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений относятся Симферопольский район и Ялтинский городской совет. К низкой степени проявления отнесены Красногвардейский, Нижнегорский, Красноперекопский, Раздольненский, Черноморский, Бахчисарайский, Севастопольский городской совет, Армянский, Феодосийский и Керченский городской совет.

Таблица 1. Количество случаев стихийных гидрометеорологических явлений в Крыму в 2010–2015 гг.

Станция	Вид стихийного гидрометеорологического явления и количество случаев их проявления								Степень проявления
	град	ливень	ветер и шквал	гололед	изморозь	снегопад	метель	Всех СГЯ	
Ишунь	1	–	–	–	–	–	–	1	1
Джанкой	–	9	–	–	–	–	–	9	2
Нижнегорск	1	7	–	–	–	–	–	8	1
Мысовое	5	3	10	1	–	–	–	19	3
Евпатория	3	2	6	1	–	–	–	12	2
Владиславовка	4	7	7	–	–	–	–	18	3
Белогорск	2	6	2	–	1	1		12	2
Симферополь	6	13	20	1	1	–	1	42	5
Феодосия	–	6	–	–	–	–	–	6	1
Карадаг	1	4	1	–	–	–	–	6	1
Ангарский перевал	–	20	–	–	–	2	–	22	4
Алушта	4	8	7	–	–	–	–	19	3
Херсонесский маяк	–	2	–	–	–	1	–	3	1
Севастополь	–	3	–	–	–	–	–	3	1
Ай-Петри	2	16	3	–	–	11	1	32	4
Ялта	–	12	1	–	–	–	–	13	2
Никитский сад	4	5	7	–	–	–	–	16	2
Опасное	1	3	1	1	–	–	1	7	1
Почтовое	–	1	–	–	–	–	–	1	1
Черноморское	1	–	–	1	–	–	–	2	1
Клепинино	–	1	–	–	–	–	–	1	1
Итого	35	128	65	5	2	15	3	252	

Таблица 2. Ранжирование степени показателей проявления СГЯ

Ранг	Степень благоприятности	Количество ОЯ и СГЯ
5	Наиболее высокая	От 35>
4	Высокая	От 26–34
3	Относительно невысокая	От 18–25
2	Средняя	От 9–17
1	Низкая	От 0–8

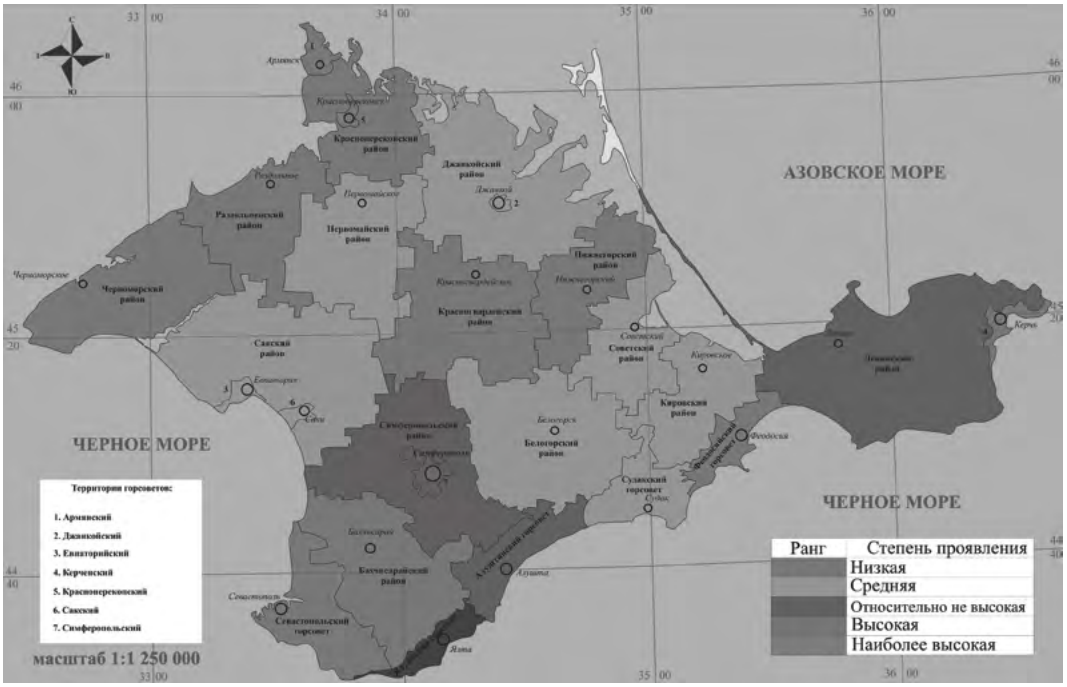


Рис. 1. Степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений в Крыму

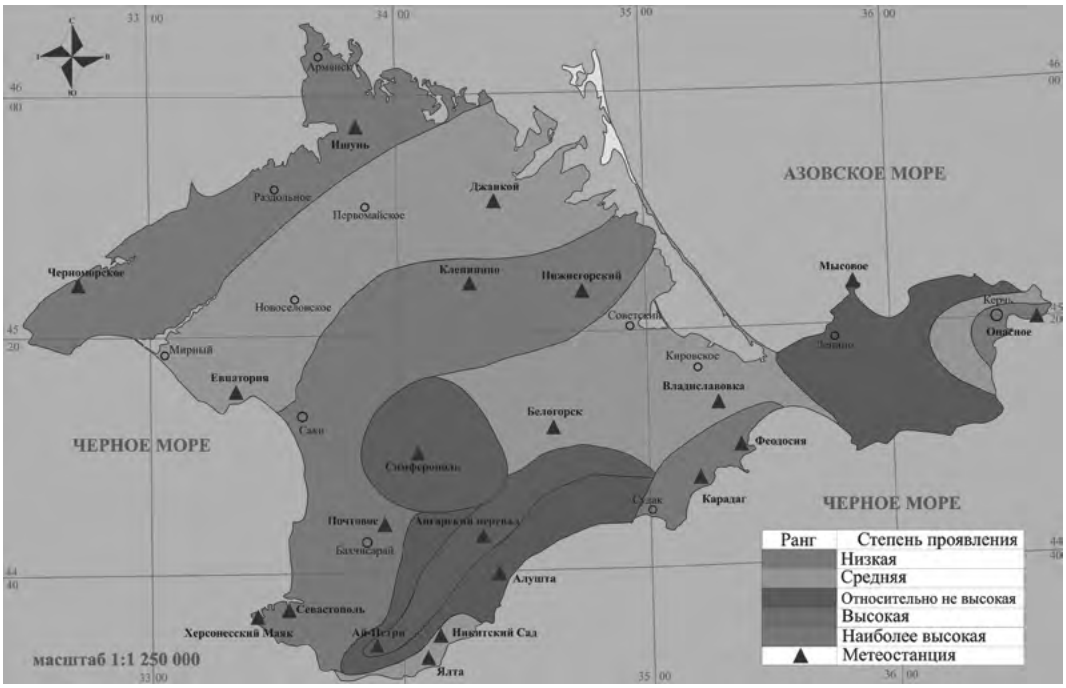


Рис. 2. Степень проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений по районам Крыма

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багрова Л.А., Боков В.А., Багров Н.В. *География Крыма*. Киев: «Лыбидь», 2001. 302 с.

Ергина Е.И. Анализ динамики почвообразовательного потенциала климата Крымского полуострова // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2013. Т. 26(65). № 3. С. 267–272.

Климатический атлас Крыма. Приложение к научному дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 75 с.

Кропянко Л.В., Беспалова Л.А. *Геоэкологическая оценка и районирование Азово-Черноморского побережья России (Ростовская область и Краснодарский край)*: монография; Южный федеральный университет. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2016. 212 с.

Логвинова К.Т., Барабаш М.Б. *Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма.* Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 317 с.

Чорний С.Г. Причини та наслідки пилової бурі 23–24 березня 2007 року // *Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук вирішення наукових праць*. Херсон: ПП «Вишемирський», 2007. С. 323–333.

МЕЖГОДОВЫЕ И СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ МОРЕЙ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АРКТИКИ

А.П. Жичкин

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
zhichkin@mmbi.info

Группа арктических морей России объединяет близкие по природе окраинные моря Северного Ледовитого океана. Расположенные за полярным кругом, на юге эти акватории ограничены естественным рубежом – побережьем Евразии, а на севере свободно сообщаются с океаном. При этом моря Сибирского шельфа во многом отличаются от Баренцева моря по термике вод и ледовому режиму.

В условиях расширяющейся экономической деятельности в морях Арктики возрастает важность комплексных природных исследований, среди которых особое значение имеет изучение региональных особенностей ледовых условий и климатической изменчивости ледяного покрова. Предыдущие исследования показали, что даже небольшие изменения границ ледяного покрова решающим образом сказываются на возможностях разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и условиях плавания на стандартных судоходных трассах и по Северному морскому пути (СМП) [Матишов, 2008].

В настоящей работе выполнен сравнительный анализ сезонной и межгодовой динамики ледовых характеристик российских арктических морей, расположенных в зоне СМП, а также восточной части Баренцева моря, как акватории, непосредственно примыкающей к зоне СМП по которой пролегают интенсивные судоходные трассы многочисленных судов, следующих как в восточном направлении для входа в зону СМП, так и западном после выхода из нее. В Чукотском море рассматривалась его юго-западная часть, которая входит в российский сектор Арктики и зону СМП.

Анализ динамики межгодовой и сезонной изменчивости ледовитости российских арктических морей в настоящей работе проведен на основе электронной базы ледовых данных за 1977–2015 гг., сформированной в Мурманском морском биологическом институте (ММБИ). Расчеты площадей ледяного покрова выполнены автором с помощью ГИС-программы MapViewer после оцифровки карт Национального ледового центра США за 1977–1996 гг. [The National…, http://nsidc.org] и обзорных ледовых карт Северного Ледовитого океана ледового центра Арктического и антарктического НИИ (ААНИИ) за 1997–2015 гг. [Обзорные…, http://www.aari.ru].

В соответствии с географическим положением, рельефом дна, преобладающими морскими течениями и воздушными переносами в различных районах Баренцева моря имеются свои особенности формирования ледового режима [Изменчивость … 2004; Жичкин, 2012]. Баренцево море практически никогда (даже в самые суровые зимы) не покрывается полностью льдом. В этом его отличие от других морей арктического шельфа [Гидрометеорология … 1990]. Анализ сезонного хода ледовитости показал, что за последние почти 40 лет (1977–2015 гг.) льды в восточной части Баренцева моря наблюдались в течение 12 месяцев. В экстремально легкие годы ледовый период составлял 9–10 месяцев, как это было в 1984, 2000, 2005, 2012 и 2013 гг. При средних условиях в январе до 60 % акватории района покрывалась льдами, в марте – апреле ледовитость достигала почти 70 % (табл. 1), а в мае – июле происходили активные процессы таяния и разрушения льда.

В табл. 1 приведены значения некоторых параметров ледового режима в морях российского сектора Арктики, рассчитанных на основе нашей базы ледовых данных.

Таблица 1. Преобладающие значения параметров ледового режима морей российского сектора Арктики (1977–2015 гг.)

Моря	Наибольшая ледовитость		Наименьшая ледовитость		Длительность ледового периода, месяцы
	%	Период, месяц	%	Период, месяц	
Баренцево (восточная часть)	70–71	III–IV	4	IX	12
Карское	97–100	XII–V	24	IX	12
Лаптевых	98–100	XI–V	27	IX	12
Восточно-Сибирское	99–100	XI–V	46	IX	12
Чукотское (юго-западная часть)	97–100	XII–V	12	IX	12

Характерной особенностью сезонных изменений ледовитости арктических морей к востоку от арх. Новая Земля (от Карского до Чукотского) является то, что при среднемноголетних условиях ледяной покров полностью не вытаивает. В летний период акватория морей не полностью очищается ото льда. Как показали наши расчеты, к концу периода таяния (в сентябре) в среднем более 20 % акватории Карского моря и моря Лаптевых оставалась занятой остаточными льдами. В Восточно-Сибирском море площадь остаточных льдов составляла более 40 % (табл. 1). Чаще всего они наблюдались на северных участках морей. Вместе с тем с ноября по май акватория этих морей практически полностью была покрыта ледяным покровом (табл. 2).

Таблица 2. Динамика сезонной ледовитости (%) морей российского сектора Арктики в течение годового цикла (1977–2015 гг.)

Летний навигационный сезон						
Моря	Ледовитость	Месяцы				
		VI	VII	VIII	IX	X
Баренцево (восточная часть)	Максимальная	90	48	21	14	34
	Минимальная	10	0	0	0	0
	Средняя	40	18	7	4	12
Карское	Максимальная	99	98	72	56	90
	Минимальная	57	19	5	0	6
	Средняя	89	70	39	24	55
Лаптевых	Максимальная	99	95	81	72	100
	Минимальная	68	32	2	0	17
	Средняя	88	75	41	27	79

Окончание таблицы 2

Восточно-Сибирское	Максимальная	100	99	97	94	100
	Минимальная	68	60	7	0	21
	Средняя	94	89	65	46	79
Чукотское (юго-западная часть)	Максимальная	98	77	52	59	81
	Минимальная	44	9	0	0	0
	Средняя	76	44	22	12	30

Зимне-весенний навигационный сезон

Моря	Ледовитость	Месяцы						
		XI	XII	I	II	III	IV	V
Баренцево (восточная часть)	Максимальная	70	72	93	100	100	100	98
	Минимальная	2	19	33	27	35	26	14
	Средняя	33	47	60	66	69	71	60
Карское	Максимальная	100	100	100	100	100	100	100
	Минимальная	36	72	93	80	97	96	95
	Средняя	90	97	99	99	99	99	99
Лаптевых	Максимальная	100	100	100	100	100	100	100
	Минимальная	100	100	100	100	100	98	86
	Средняя	100	100	100	100	100	99	98
Восточно-Сибирское	Максимальная	100	100	100	100	100	100	100
	Минимальная	90	98	100	100	100	99	95
	Средняя	99	100	100	100	100	100	99
Чукотское (юго-западная часть)	Максимальная	100	100	100	100	100	100	100
	Минимальная	4	45	100	100	100	100	82
	Средняя	70	97	100	100	100	100	98

Ежегодная навигация по СМП имеет два основных сезона: традиционный (июнь – октябрь) и продленный (ноябрь – май) [Проблемы … 2006]. В соответствии с таким делением сезонов навигации в работе рассмотрена межгодовая изменчивость ледовитости указанных выше акваторий в летний навигационный (июнь – октябрь) период и в зимне-весенний (ноябрь – май) период.

Результаты наших расчетов показали, что на протяжении рассмотренного периода (1977–2015 гг.) в летний сезон изменчивость ледовитости восточной части Баренцева моря была незначительна, ледовые аномалии, за исключением 1998–1999 гг., не превышали 1–3 %. При этом здесь до 1999 г. преобладали положительные аномалии ледовитости. Наибольшие аномалии (до 15 %), наблюдались в 1978–1982 гг.

В то же время ледовитость остальных морей российской Арктики испытывала большую изменчивость. При этом на этих акваториях до 2004 г. (в юго-западной части Чукотского моря до 2002 г.) в летний период преобладали положительные аномалии ледовитости. Наибольшие

аномалии (до 20–30 %) наблюдались в 1979, 1985, 1992, 1996, 1998, 2001 и 2004 гг., что обуславливало в эти годы неблагоприятные в ледовом отношении условия для навигации.

В последнее десятилетие ледовые процессы в морях российского сектора Арктики в летнем сезоне развивались по легкому типу, что создавало благоприятные условия для мореплавания.

В зимне-весенний навигационный период (ноябрь – май) изменчивость ледовых условий восточной части Баренцева моря была гораздо больше, чем в летний навигационный сезон. Анализ результатов исследования показал, что в этом сезоне рассматриваемого 40-летия размах аномалий достигал более 50 %. Наиболее тяжелыми в ледовом отношении были сезоны 1997/1998 и 1998/1999 гг., когда положительные аномалии ледовитости превысили 25–35 %. Относительно легкие условия для судоходства складывались здесь в зимне-весенние сезоны 2007/2008 и 2011/2012 гг., когда отрицательные ледовые аномалии составляли 16–18 %.

В целом, как следует из анализа динамики ледовитости, в отличие от Баренцева моря для остальных арктических морей не характерны резкие колебания ледовитости в зимне-весенний сезон. В это время здесь наблюдались малые аномалии обоих знаков. Исключение составили лишь зимне-весенние сезоны 2011/2012 и 2012/2013 гг., когда в Карском море отрицательные ледовые аномалии превысили 10 %. Наименьшие отклонения ледовитости от среднемноголетних значений в зимне-весенний сезон за рассматриваемый период (1977–2015 гг.) были в Восточно-Сибирском море и в море Лаптевых (менее 2 %).

Таким образом, исследования динамики ледовитости морей российского сектора Арктики показали, что в морях к востоку от арх. Новая Земля на протяжении 1977–2015 гг. в летний навигационный период (июнь – октябрь) наиболее тяжелые ледовые условия наблюдались в первые 28 лет. В последнее десятилетие ледовые процессы в этих морях в летнем сезоне развивались по легкому типу, что создавало благоприятные условия для судоходства. Ледовые условия в восточной части Баренцева моря в июне – октябре за исключением суровых 1978–1982 гг. не оказывали существенных препятствий для мореплавания на протяжении всего рассмотренного в работе периода.

В зимне-весенний навигационный период (ноябрь – май) в восточной части Баренцева моря неблагоприятные условия для навигации наиболее часто складывались в 1970–1990-х годах. В начале XXI века здесь отмечалось создание относительно легких условий для судоходства в зимне-весенние сезоны 2006/2007, 2007/2008 и 2011/2012 гг.

В Карском море, в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море в ноябре – мае ледовитость на протяжении последних 40 лет не испытывала значительных флуктуаций и составляла 90–100 %. Поэтому в этих морях в зимне-весенний период навигация без ледокольной проводки транспортных судов невозможна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том I. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 280 с.

Жичкин А.П. Климатические колебания ледовых условий в разных районах Баренцева моря // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 9. С. 69–78.

Изменчивость природных условий в шельфовой зоне Баренцева и Карского морей / под ред. А.И. Данилова, Е.У. Миронова, В.А. Спичкина. СПб.: ГНЦ РФ ААНИИ, 2004. 432 с.

Матишов Г.Г. Влияние изменчивости климатического и ледового режимов на судоходство // *Вестник РАН*. 2008. Т. 78. № 10. С. 896–902.

Обзорные ледовые карты Северного Ледовитого океана. URL: http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php

Проблемы Северного морского пути. М.: Наука, 2006. 581 с.

The National Snow and Ice Data Center. URL: http://nsidc.org/cgi-bin/bist/bist.pl

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ г. ЛУГАНСКА

Л.Г. Зубова, Я.Н. Руденко, К.Г. Арутюнян, Д.А. Мельянцев

Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР
zubov-home@mail.ru

Одной из актуальных проблем современности является изменение климата. Климат – состояние физических свойств воздуха за длительный период времени. Погода – состояние физических свойств воздуха в краткий период времени.

Объектом исследования является город Луганск, график структуры климата в погодах которого приведен на рис. 1.

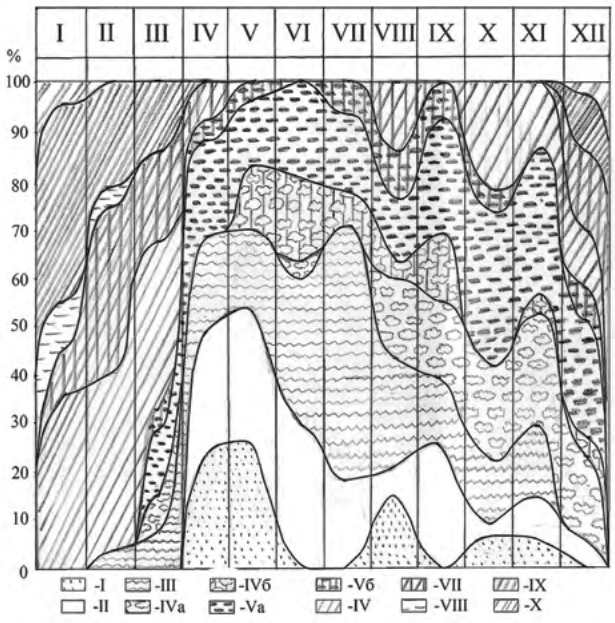


Рис. 1. График структуры климата в погодах для г. Луганска (2013 г.)

Погода характеризуется определенным комплексом метеорологических факторов: интенсивностью солнечной радиации, влажностью, давлением воздуха, скоростью и направлением ветра, атмосферными осадками, температурой. Обобщены и проанализированы данные годового хода температур за 18 лет (с 1998 по 2015 год) для г. Луганска (рис. 2).

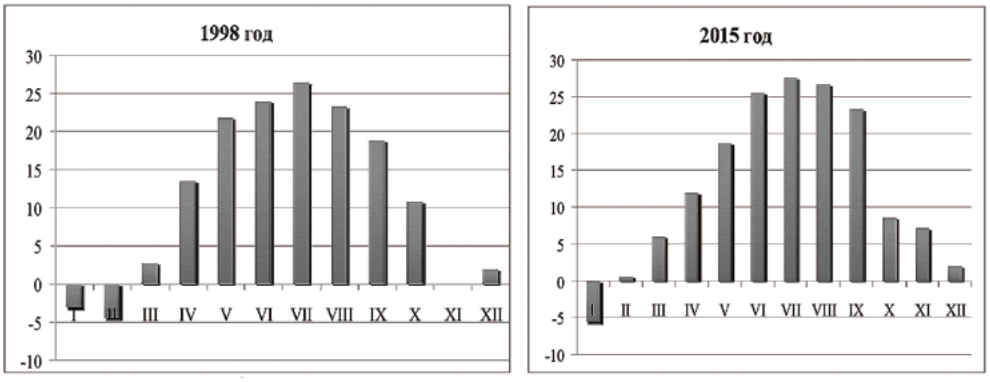


Рис. 2. Годовой ход температур в г. Луганске, 1998–2015 гг.

На рис. 3 представлена развернутая роза ветров за период с 1998 по 2015 г.

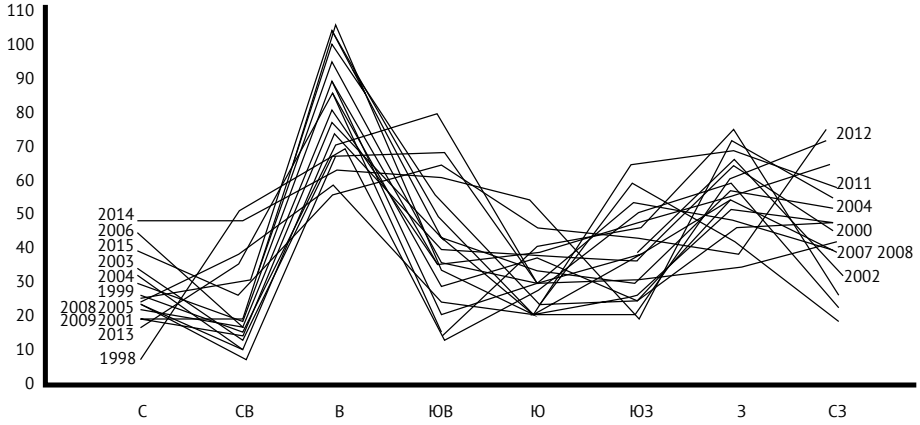


Рис. 3. Развернутая роза ветров для г. Луганска, 1998–2015 гг.

По данным Gismeteo за 2015 г., то есть за 365 дней, были проанализированы дни с наличием облаков в октах и дни, когда продукты конденсации отсутствовали. Исходными данными для построения математической модели являлись: продукты конденсации (облака), температура и давление атмосферного воздуха, скорость ветра. Статистический анализ метеорологических данных представлен в табл. 1–3.

Таблица 1. Статистические показатели исходных данных

Показатели	Зависимая и независимые переменные			
	Y (окт.)	X_1(t, ℃)	X_2(P, мм рт. ст.)	X_3(V, м/с)
$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$	5,00	13,00	757,00	4,00
$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}$	6,67	142,31	574684,97	21,45
$S = \sqrt{S^2}$	2,58	11,93	758,08	4,63
$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%$	51,66	91,76	0,38	0,08
$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$	0,16	0,73	46,39	0,28

Таблица 2. Выдвижение основной гипотезы о достоверности данных (о соответствии их нормальному закону распределения)

Проверяемые факторы	Показатели и выдвигаемая гипотеза							
	A	E	$3\sigma_a$	$3\sigma_e$	По значению A		По значению E	
					H_0, $A < 3\sigma_a$	H_1, $(A \geq 3\sigma_a)$	H_0, $(E < 3\sigma_e)$	H_1, $(E \geq 3\sigma_e)$
Y (окт.)	11,46	33,89	0,15	0,299	–	+	–	+
X_1 (t, ℃)	4,45	10,67	0,15	0,301	–	+	–	+

Окончание таблицы 2

X_2 (P, мм рт. ст.)	2868799,8	425335706,9	0,155	0,309	–	+	–	+
X_3 (V, м/с)	25,29	88,50	0,165	0,33	–	+	–	+

Таблица 3. Определение относительной накопленной частоты и квантилей (облачность)

№ пп	Значения Y_i	Частоты n_i	Накопленные частоты $N_i = \sum_{r=1}^{i} n_r - \frac{1}{2}$	Относительные накопленные частоты $F^*(x_i) = \frac{N_i}{n}$	Относительные накопленные частоты, % $P_i = F^*(x_i) \cdot 100$	Квантили u_{pi}
1–63	2	63	62,5	0,283	28,3	–0,568
64–127	4	64	126,5	0,572	57,2	0,189
128–221	8	94	220,5	0,998	99,8	2,576

На рис. 4 в прямоугольной системе координат нанесены точки (x_i; u_{pi}), то есть по оси абсцисс располагаются значения x_i, по оси ординат – квантили u_{pi}. Построенные точки лежат вблизи прямой, поэтому нет оснований отвергнуть гипотезу о нормальном распределении данных.

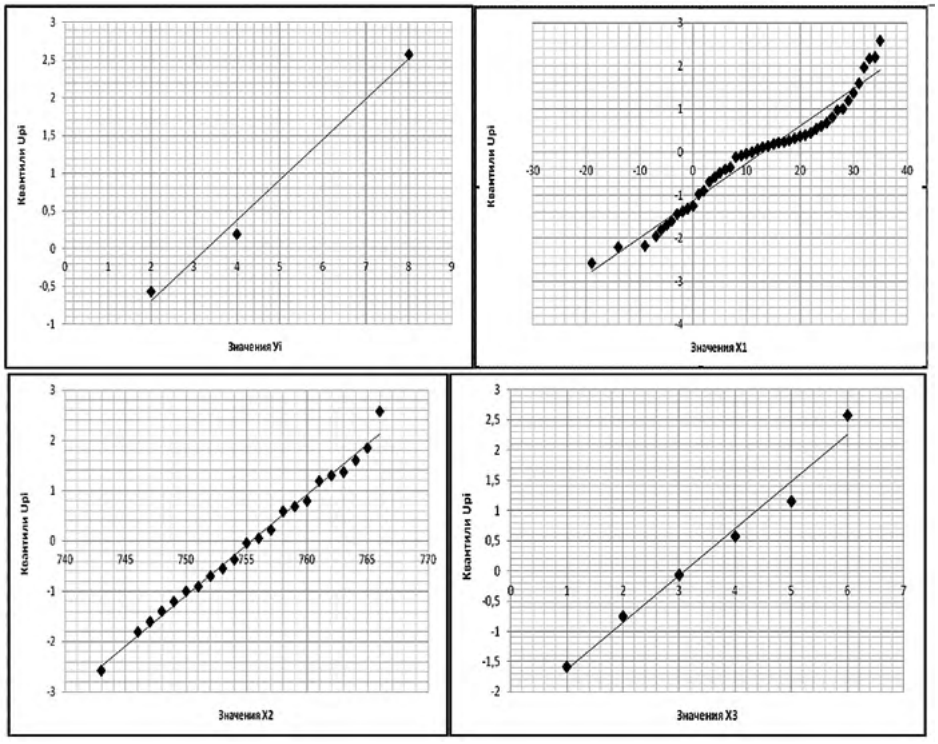
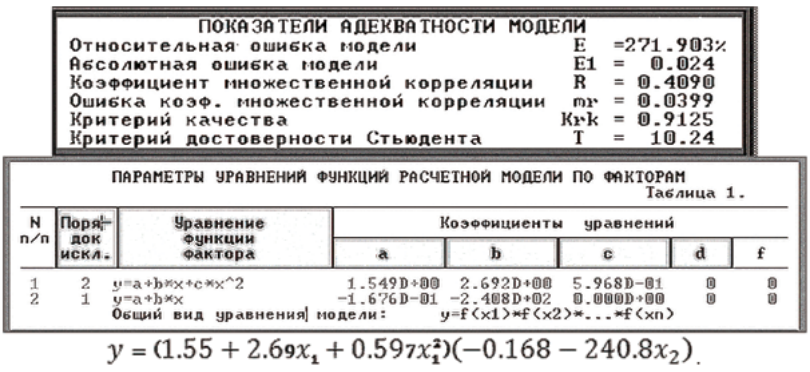


Рис. 4. Графическая проверка соответствия данных нормальному закону распределения

На рис. 5 представлена математическая модель, характеризующая связь между облачностью, давлением и температурой атмосферного воздуха, рассчитанная с помощью компьютерной программы «ФАКТОР».



ПОКАЗАТЕЛИ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

Относительная ошибка модели	E	=271.903%
Абсолютная ошибка модели	E1	= 0.024
Коэффициент множественной корреляции	R	= 0.4090
Ошибка коэф. множественной корреляции	mr	= 0.0399
Критерий качества	Kr.k	= 0.9125
Критерий достоверности Стьюдента	T	= 10.24

ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ФУНКЦИЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПО ФАКТОРАМ

Таблица 1.

N п/п	Порядок искл.	Уравнение функции фактора	Коэффициенты уравнений a	b	c	d	f
1	2	y=a+b*x+c*x^2	1.549D+00	2.692D+00	5.968D-01	0	0
2	1	y=a+b*x	-1.676D-01	-2.488D+02	0.000D+00	0	0

Общий вид уравнения модели: y=f(x1)*f(x2)*...*f(xn)

$$y = (1.55 + 2.69x_1 + 0.597x_1^2)(-0.168 - 240.8x_2).$$

Рис. 5. Математическая модель, характеризующая связь между облачностью, давлением и температурой атмосферного воздуха

Построены математические модели атмосферных осадков г. Луганска. Исходными данными для их построения являлись осадки, атмосферное давление и температура воздуха за период с 1981 по 2005 год. Данные предварительно проверялись на однородность и достоверность. Далее рассчитаны математические модели, для построения которых использован корреляционно-регрессионный анализ. Первая математическая модель характеризует зависимость осадков Y (мм) от температуры X_1 (°С), вторая – зависимость осадков Y (мм) от атмосферного давления X_2 (мм рт. ст.).

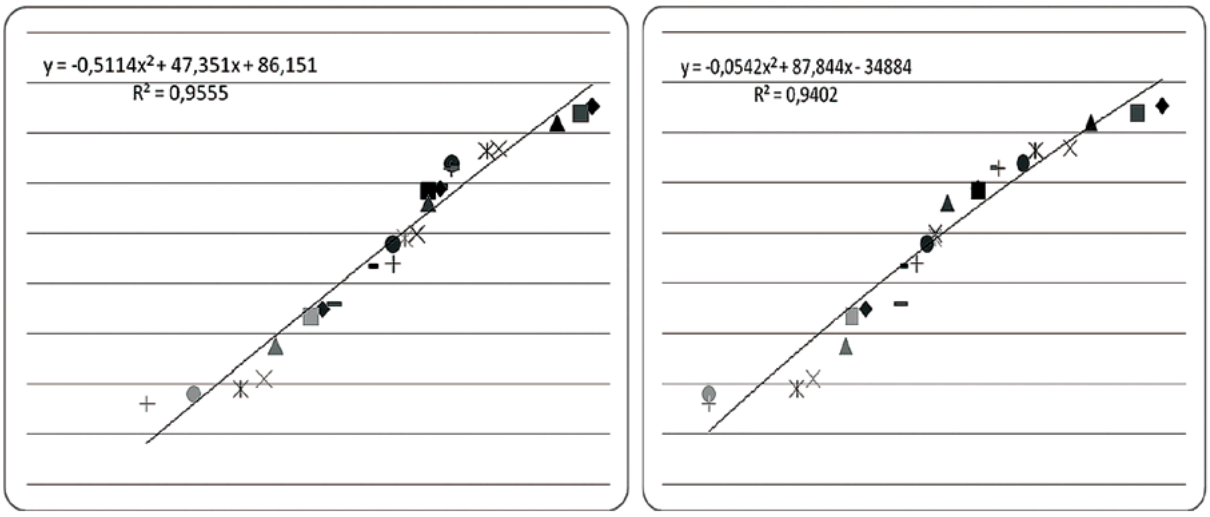


Рис. 6. Математические модели атмосферных осадков (Y от X_1 и Y от X_2)

Часто ливневые осадки сопровождаются грозами. В табл. 4 представлено общее количество гроз, сопровождающихся ливневыми осадками, за период с 1997 по 2015 г.

Данные табл. 4 были проверены на однородность с помощью критерия Стьюдента (табл. 5).

Так как редкие явления соответствуют закону Пуассона, далее приведен расчет теоретических частот этого закона (табл. 6) и расчет проверки соответствия данных за 1997–2015 гг. закону Пуассона с помощью критерия Хи – квадрат Пирсона (табл. 7).

На основании данных о грозовых и ливневых явлениях за период 1997–2015 гг. построены графики их распределения в динамике по годам и месяцам (рис. 7).

Таблица 4. Общее количество гроз, сопровождающихся ливневыми осадками, за период с 1997 по 2015 г.

Месяц/ год	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	1014	2015
Апрель			1	2	2	1	1			1				2		2			
Май				1	1	4		1		1	2	4	3	4		2	3	7	1
Июнь	4	4	4	1	6		3		4	8	6	3	2	3	6	3	2	1	2
Июль	7	1	6	2	3	9	7			2	2	4	5	4	2	2	4	1	
Август	1	1	1	1		2	3	1	1	1	1	1	1		2	1	4		1
Сентябрь	1			1	1	4		2	1	1	1		1	1			2		
Октябрь							1												
Ноябрь												1							

Таблица 5. Проверка данных на однородность

xi	$(Xi-\overline{X})$	$(Xi-\overline{X})^2$
4	−7,1	50,41
6	−5,1	26,01
8	−3,1	9,61
9	−2,1	4,41
10	−1,1	1,21
12	0,9	0,81
13	1,9	3,61
14	2,9	8,41
15	3,9	15,21
20	8,9	79,21
	0	198,90

$\overline{x}$	11,10
S	4,70
Xn *max*	20,00
tф	1,89
tт	2,26
Вывод	Н о
Xn *min*	4,00
tф	1,51
tт	2,26
Вывод	Н о

$\overline{X} = 11,1 \qquad t\text{ф} = \dfrac{x\,\text{экс} - \overline{X}}{S}$

$S^2 = 21,1 \qquad t\text{ф}\ min = \dfrac{4-11,1}{4,70} = 1,51$

$S = 4,70 \qquad t\text{ф}\ max = \dfrac{20-11,1}{4,70} = 1,89$

Таблица 6. Расчет теоретических частот

Xi	mi	$Xi * mi$	Pi	$\widetilde{mi}$
4	2	8	0,0987	1,88
6	2	12	0,0402	0,763
8	1	8	0,0871	1,654
9	1	9	0,1183	2,2477
10	2	20	0,1189	2,2591
12	3	36	0,1187	2,26
13	3	39	0,1028	1,9532
14	2	28	0,0812	1,5428
15	2	30	0,0598	1,1362
20	1	20	0,0493	0,9367
Σ	19	210		

Таблица 7. Соответствие закону Пуассона

K	mi	mi	$\dfrac{(mi-\widetilde{mi})^2}{mi}$
1	2	1,88	0,10
2	2	0,763	
3	1	1,654	
4	1	2,2477	0,09
5	2	2,2591	
6	3	2,26	
7	3	1,9532	0,73
8	2	1,5428	
9	2	1,1362	
10	1	0,9367	

$X^2\ \Pi_ф = 0,92 < \Pi_т = 3,8$
Н о

Ниже представлены уравнения математических моделей зависимости грозовых и ливневых явлений, наблюдающихся согласно данным Gismeteo днем и вечером (рис. 8, 9), с коэффициентами множественной корреляции 0,59 и 0,77 соответственно.

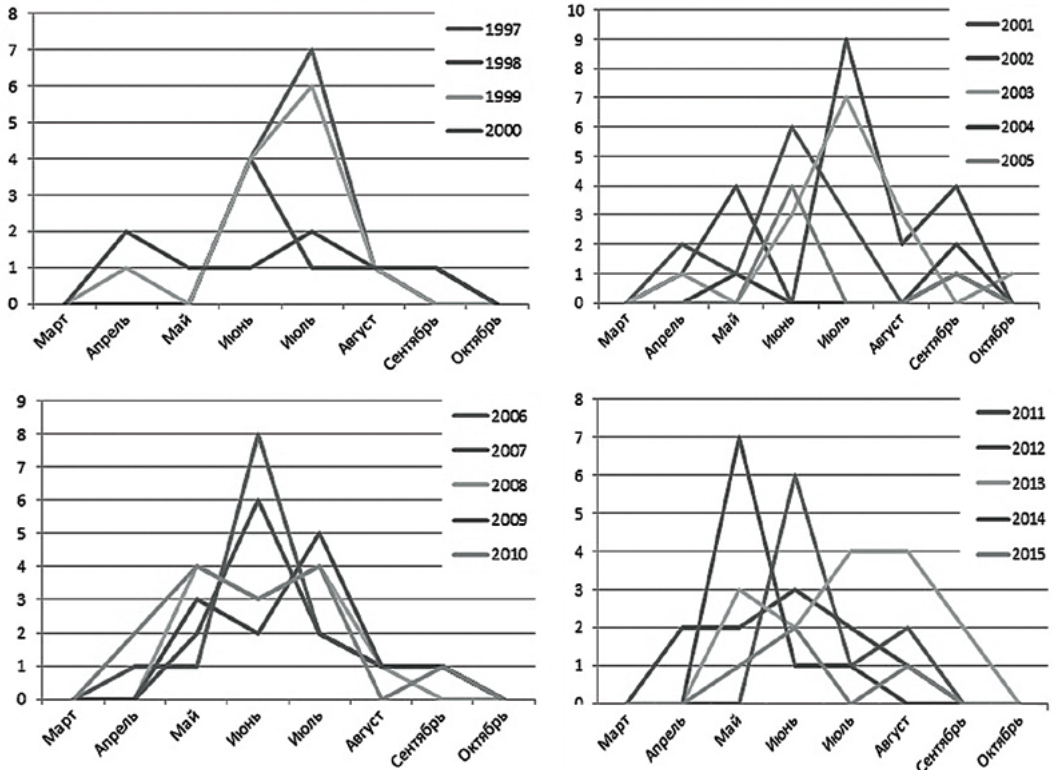


Рис. 7. Грозовые и сопровождающие их ливневые явления в динамике за период 1997–2015 гг.

ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ФУНКЦИЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПО ФАКТОРАМ

Таблица 1.

N п/п	Поря-док искл.	Уравнение функции фактора	Коэффициенты уравнений				
			a	b	c	d	f
1	5	y=a+b*x+c/(x+d)^2	-3.398D+00	1.408D-01	5.897D+02	0	0
2	4	y=a+b*x+c/(x+d)^2	-6.536D-01	1.692D-03	2.130D+05	0	0
3	1	y=a+b*x+c*x^2	-1.838D+01	1.118D+01	-9.967D-01	0	0
4	2	y=a+b*x+c/(x+d)^2	3.289D+00	-7.073D-03	-3.237D+04	0	0
5	3	y=a+b*x+c*x^2	1.461D+00	-5.046D-01	1.193D-01	0	0

Общий вид уравнения модели: y=f(x1)*f(x2)*...*f(xn)

Рис. 8. Параметры уравнений функций расчетной модели (день)

ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ФУНКЦИЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПО ФАКТОРАМ

Таблица 1.

N п/п	Поря-док искл.	Уравнение функции фактора	Коэффициенты уравнений				
			a	b	c	d	f
1	4	y=a+b*x+c/(x+d)^2	7.059D-01	1.512D-02	2.926D-03	0	0
2	5	y=a+b*x+c*x^2	1.001D+00	-6.949D-03	9.268D-06	0	0
3	1	y=a+b*x+c*x^2	2.691D+00	4.133D+00	-4.231D-01	0	0
4	3	y=a+b*x+c/(x+d)^2	6.759D-01	1.835D-03	3.236D-03	0	0
5	2	y=a+b*x+c/(x+d)^2	1.446D+00	-1.520D-01	-1.399D-03	0	0

Общий вид уравнения модели: y=f(x1)*f(x2)*...*f(xn)

Рис. 9. Параметры уравнений функций расчетной модели (вечер)

МНОГОЛЕТНИЙ РЕЖИМ ОСАДКОВ НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.Р. Йошпа, В.И. Денисов, А.Г. Козлова

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
aioshpa@yandex.ru

В современное время необходим детальный учет природных условий, что позволит повысить продуктивность сельского хозяйства, решать ряд экономических вопросов в других отраслях хозяйства. Режимная метеорологическая информация используется при принятии проектных решений, в планировании, при решении хозяйственных вопросов [Опасные природные явления … 2008].

Осадки играют важную роль в увлажнении территории. Их количество влияет на увлажнение почвы, определяет поверхностный и внутригрунтовый сток. Но в то же время обильное выпадение осадков приводит к активизации экзогенных процессов и может привести к чрезвычайным ситуациям, таким как наводнение, затопление сельскохозяйственных угодий, выход рек из берегов, а также затруднение работы авиации. Вместе с этим выпадение атмосферных осадков сопровождается усилением ветра (шквалами), резким понижением температуры, грозой, что также может усложнить ситуацию [Булыгина и др., 2005]. Поэтому исследование повторяемости осадков имеет большое практическое значение и считается актуальной темой в настоящее время.

Объектом исследования в данной работе является восточное побережье Азовского моря (Краснодарский край). В основу положены архивные данные (получены в период прохождения преддипломной практики студентами кафедры океанологии ЮФУ) ежедневных метеорологических наблюдений Северо-Кавказского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, береговым станциям Ейск и Приморско-Ахтарск за период с 1983 по 2014 г. и данные метеорологических наблюдений при проведения береговых экспедиционных исследований сотрудниками кафедры океанологии в рамках внутреннего гранта ЮФУ № 213.01-07.2014/14ПЧВГ.

По оценкам Х. Ландсберга и В. Джекобса ([Landsberg H.E., Jacobs W.C, 1951], приведенным в книге Блютгена «География климатов» I. Blutgen, 1966), длина рядов в годах для получения более или менее достоверных выборочных средних оценок зависит от физико-географического расположения станций, а также определяется изменчивостью метеорологических величин. Во внетропических областях для оценок осадков необходимо использовать ряды от 30 лет (побережья) – в нашем случае ряд наблюдений составил 32 года.

Полученные архивные данные числа дней с осадками были разбиты по видовому характеру: первая группа – обложные осадки, а вторая – ливневые. Полученные ряды были статистически обработаны и сведены в таблицы, на основе которых были построены графики.

Обобщив полученные данные (табл. 1), видим, что максимальное количество дней с осадками обложного характера в районе Ейска приходится на март месяц (230 дней) за 32 года – в среднем 7,2 случая в марте месяце или 44,2 случая в году. Наименьшее количество дней с обложными осадками приходится на август месяц – 10 случаев за весь рассматриваемый период.

Таблица 1. Повторяемость дней с обложными осадками в пункте Ейск за период 1983–2014 гг.

Год	Месяц												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовой
Всего	201	176	230	172	50	15	14	10	34	109	191	211	1413

Анализируя полученные данные по периодам, видим, что на холодный период года повторяемость дней с обложными осадками в среднем составляет – 31,5 дней, а в теплый период – 3,9 дней. Можно сделать вывод, что в холодный период повторяемость дней с обложными осадками значительно больше (приблизительно в 8 раз), чем в теплый период. Это связано с тем, что в холодный период значительно активизируется циклоническая деятельность и связанные с ней атмосферные фронты. В этот период значительно обостряются теплые фронты и фронты окклюзии по типу теплого, которые приносят с собой слоисто-дождевую облачность (повторяемость в холодный период составляет 74,7 %), из которой выпадают обложные осадки.

Для исследования повторяемости дней с обложными осадками на территории восточного побережья Азовского моря (Краснодарского края) был построен совмещенный график (рис. 1) по двум пунктам – Ейск и Приморско-Ахтарск. Из графика (рис. 1) видно, что количество дней с обложными осадками в Ейске превышает это количество дней в Приморско-Ахтарске, а динамика повторяемости имеет одинаковый ход.

Максимальные значения количества дней с обложными осадками в Ейске приходятся на 1995 г. (98 дней) и на 2004 г. (75 дней). Минимальное значение количества дней с обложными осадками – на 2011 г. и составляет 5 дней.

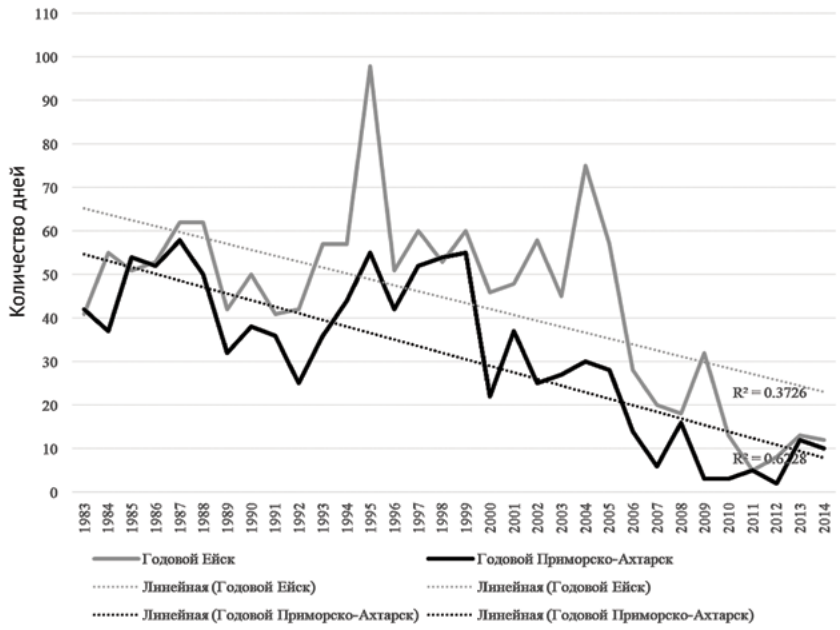


Рис. 1. Годовое распределение обложных осадков в пунктах Ейск и Приморско-Ахтарск за период 1983–2014 гг.

В Приморско-Ахтарске максимальные значения количества дней с обложными осадками приходятся на 1987 г. (58 дней), на 1995 г. (55 дней) и на 1999 г. (55 дней). Минимальное значение количества дней с обложными осадками – на 2012 г. и составляет всего лишь 2 дня.

Линия тренда на графике (рис. 1) показывает, что как в Ейске, так и в Приморско-Ахтарске повторяемость дней с обложными осадками имеет тенденцию к уменьшению. Одной из причин является повышение температуры воздуха, это видно на примере средних многолетних значений температуры за 31 год в районе Приморско-Ахтарска (рис. 2).

Из графика (рис. 2) отчетливо видно, что за рассматриваемый период температура воздуха имеет тенденцию роста. Увеличение температуры воздуха ведет к интенсивному прогреву суши (воды) и прилегающих к земле слоев воздуха, при этом очень часто возникают интенсивные восходящие токи, которые приводят к образованию конвективной облачности и выпадению ливневых осадков (града).

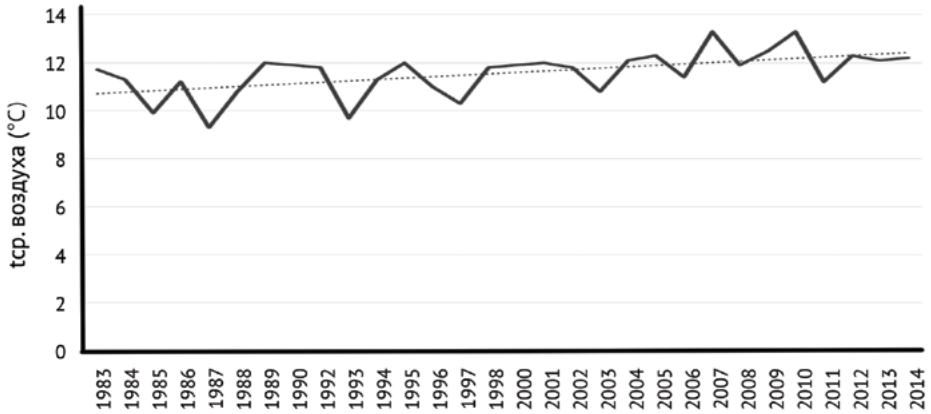


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха в пункте Приморско-Ахтарск за период 1983–2014 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опасные природные явления на поверхности суши: механизм и катастрофические следствия / отв. ред. В.М. Котляков. М.: ИГ РАН, ИФЗ РАН, 2008. С. 190–209.

Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Разуваев В.Н. Специализированные базы данных о климатических ресурсах для различных отраслей экономики // *Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. Сб. докл. конф.* СПб., 2005. С. 146–150.

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ПО РУКАВАМ ДЕЛЬТЫ ДОНА В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ

А.В. Клещенков, В.В. Сорокина

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
geo@ssc-ras.ru

Согласно существующим представлениям [Краюшин, 1966; Матишов и др., 2008; Полонский и др., 2011], на распределение и перераспределение стока по водотокам дельты влияют следующие факторы: величина стока, поступающего в дельту, колебания уровня, морфометрические характеристики русел, рельеф дна взморья, а также ориентация рукавов относительно господствующих ветров и их местонахождение на пространстве дельты. При этом важно учитывать, что сгонно-нагонные явления вносят значительный вклад в гидрологический режим дельты и способствуют формированию здесь нестационарных водных потоков, которые по своей величине могут иногда превышать стоковую сотавляющую.

Перераспределение стока в дельте Дона по двум основным рукавам зависит от водности реки. Так, при уменьшении водного стока увеличивается доля стока рукава Старый Дон по сравнению с рукавом Большая Каланча. Согласно расчетным сведениям, приводимым в работе [Полонский и др., 2011], при сокращении расходов Дона в вершине дельты от 1100 м^3/с до 400 м^3/с доля стока Большой Каланчи сокращается от 62,7 до 60,9 %, а доля стока Старого Дона возрастает от 37,3 до 39,1 %. Вместе с тем измеренные в ходе полевых гидрологических работ в 2013–2015 гг. расходы воды двух указанных рукавов имеют иное соотношение, обусловленное, по всей видимости, сильным маловодьем Дона (табл. 1), наблюдающимся в последние годы.

Согласно данным измерений, доля стока рукава Старый Дон возросла и превысила долю стока рукава Большая Каланча. Это объясняется тем, что Старый Дон является главной судоходной артерией дельты и в его пределах, включая область устьевого бара, регулярно проводятся дноуглубительные работы, что обеспечивает его высокую проточность.

В середине 1960-х гг. В.В. Краюшиным была сделана оценка распределения стока по наиболее крупным водотокам дельты Дона в зависимости от уровня на гидропосту Азов. Им были выделенны следующие закономерности распределения стока в системе рукавов и протоков дельты.

1. Относительный сток воды в дельтовых руслах не является величиной постоянной, а зависит от величины стояния уровня и других факторов. При этом изменение стока при изменении уровня происходит по-разному в больших и малых рукавах и протоках. Как правило, при повышении уровня, вызванного ростом водности, а не нагоном, сток крупных водотоков уменьшается за счет активизации малых водотоков, доля стока которых увеличивается с ростом уровня.

2. Начиная с уровня минус 30 см (относительно нуля поста ГП Азов) и ниже, происходит отчленение некоторых рукавов и протоков дельты от Таганрогского залива, поэтому по мере понижения уровня происходит сосредоточение стока в наиболее крупных водотоках, имеющих глубокие подводные бороздины в теле бара. Так, при уровне минус 64 см весь сток Дона проходит по двум системам: а) Большая Каланча – Большая Кутерьма – Переволока и б) Старый Дон – Песчаный. При отметке уровня минус 210–220 см сток полностью сосредатачивается во второй системе. Так как первая из них также, как и другие водотоки, отчленяется от Таганрогского залива [Краюшин, 1966].

Следует заметить, что достаточно сложной задачей является разделение влияния стока и сгонно-нагонных явлений на распределение расходов в русловой сети дельты. Западные (нагонные) ветры весьма существенно влияют на распределение стока между большими

и малыми вотоками. Так как энергия малого водотока невелика по сравнению с крупным, то сток в период нагонов, а вернее в определенные стадии их развития концентрируется полностью в основных водных артериях. Если взять два основных крупных водотока дельты Старый Дон и Большую Каланчу, то здесь при нагонных явлениях значительную роль начинает играть фактор ориентировки русла относительно господствующего ветра. По-видимому, при нагонах в рукаве Старый Дон, распложенном по оси запад-восток, создается значительный подпор, который в районе второго узла дельты (в 2,6 км выше Азова) перераспределяет сток в рукав Большая Каланча, имеющий здесь ориентировку с юга на север. Подтверждение этому можно найти, проанализировав метеорологическую информацию и значения уровня во время выполненных измерений (см. табл. 1).

Таблица 1. Распределение стока воды по рукавам и протокам дельты Дона

Промер и название створа	По литературным данным				По данным измерений 26–27. 06.2007		По данным измерений 24–25. 11.2007		По данным измерений 4–5. 10.2013		По данным измерений 22–23. 09.2014		По данным измерений 11–14. 06.2015	
	(межень 1924–1931 гг.)		1981 г.											
	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%
Дон	**371**	100	**600**	100	**699**	100	**510**	100	**427**	100	**303**	100	**406**	100
Старый Дон (выше Азова)	–	–	–	–	640	91,5	423	83	–*	–	–*	–	–	–
Старый Дон (ниже Азова)	123	**33**	–	**33**	272	**39**	227	**45**	89,7	**19**	153	**60**	238	**53**
Большая Каланча (Дугино)	248	**67**	–	**67**	427	**61**	–*	**55**	393,7**	**81**	104	**40**	212	**47**
Мокрая Каланча	45	12,3	–	17,4	141	20	–*	–	79,8	19	32,5	11	35,3	9
Большая Кутерьма (Рогожкино)	–	54,7	–	49,6	286	41	–*	–	304	71	77,3	26	176	43
Свиной	14	3,60	–	–	14,2	2	16	3	–*	–	7,28	2	3	1
Песчаный	55	14,9	–	–	160	23	146	29	–*	–	178	59	–*	–*
Мериново	82	8,7	–	–	–	–	–	–	–*	–	64,7	21	17	4
Кривой	22	5,8	–	–	–	–	–	–	–*	–	20,4	7	1,2	1

Примечание: * измерения не проводились, ** рассчитано по балансу.

Это явление также хорошо заметно при сопоставлении графиков хода уровня на гидропостах Таганрог, Донской и о. Перебойный при нагоне 26–27 декабря 2015 года (рис. 1). Отчетливо видно, что в пиках нагона ход уровня в Таганроге и Донском (рукав Старый Дон) практически синхронны, в то время как уровень на острове Перебойный (рукав Переволока –

система Большой Каланчи) имеет запаздывание по фазе и меньшие абсолютные отметки, обусловленные, по всей видимости, тем, что сток Дона большей частью идет по этому пути, в то время как в рукаве Старый Дон развивается подпор.

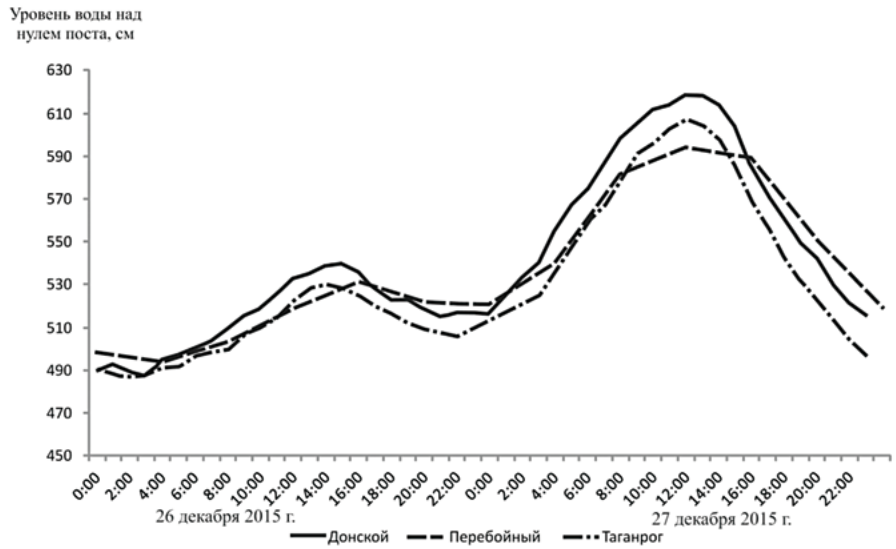


Рис. 1. Ход уровня на взморье и в дельте Дона в нагон 26–27 декабря 2016 года

Влияние сгонно-нагонных ветров в дельте Дона обуславливает нестационарные водные потоки, зачастую направленные из Таганрогского залива в дельту. Подобное наблюдалось нами в 2009 г. на рукаве Мертвый Донец. В сентябре 2009 г. был выполнен ряд синхронных измерений (03.09–04.09.09) расходов воды практически на всем протяжении Мертвого Донца на четырех створах: 1 – в районе Кумженского мемориала (исток рукава); 2 – мост по ул. Нозадзе; 3 – мост в пос. Каратаево; 4 – в пос. Недвиговка.

В период проведения измерений метеорологическая обстановка значительно изменялась: первое измерение выполнено на створе 1 в штилевых условиях (расход воды составил 5,06 м^3/с), к началу проведения второго измерения (створ 2) усилился юго-западный ветер и начался нагон (расход воды – 2,85 м^3/с), на 3-м створе измерения выполнены в аналогичных условиях (расход воды – 2,52 м^3/с), обстановку, во время которой выполнялось измерение на створе 4, можно охарактеризовать как спад уровня (нагона) (расход воды изменялся в течение нескольких часов от 1,98 до 9,54 м^3/с). Таким образом, на изменение расходов воды р. Мертвый Донец оказывают сильное влияние сгонно-нагонные колебания уровня, в результате которых расход воды может изменяться в течение нескольких часов почти в 4 раза. Такие же особенности отмечались позже в исследованиях В.Ф. Полонского [Мишин, Полонский, 2016], где приведены сведения об отрицательных (поток воды шел из залива в рукава дельты) измеренных расходах при нагонах различной интенсивности 25.08.2012 и 28.08.2012 в рукавах Старый Дон и Большая Каланча.

Выявленные в настоящем исследовании изменения, касающиеся перераспределения стока между основными рукавами дельты Дона в условиях исключительно маловодья на Нижнем Дону и продолжающегося осолонения Таганрогского залива, несомненно требуют дальнейшего изучения с привлечением уровнемерных данных по сети опорных пунктов Таганрог, Донской, Азов, Перебойный и данных о солености воды, поступающей из Таганрогского залива.

Вторым вопросом, требующим продолжения исследований, остается влияние на распределение стока системы рукавов Большой Каланчи, Большой Кутерьмы, Переволоки, Старого Дона и Песчаного продолжающихся процессов отмирания более мелких рукавов вследствие их заиления в условиях полного отсутствия волны весеннего половодья и строгого регулирования стока в последнее десятилетие.

Роль малых водотоков в перераспределении стока в дельте Дона значительно уменьшилась за последние 50 лет, что хорошо видно на примерах таких рукавов, как Мертвый Донец, Егурча, Свиное. В гирле Свиное, в котором до середины 1980-х годов сохранялось пассажирское судоходство, сейчас в сильные нагоны дно практически полностью осыхает (например, 13–14.10.2015). Но несмотря на это, в мелких протоках формируются особые гидролого-гидрохимические условия, что в период экстремальных гидрологических ситуаций может оказывать существенное влияние на перераспределение биогенных элементов и соединений ТМ в пространстве и по формам миграции.

Так, в последнее десятилетие, характеризующееся пониженным стоком Дона и отсутствием весенних половодий, промывной режим малых рукавов обеспечивается лишь сгонно-нагонными явлениями. По всей видимости, этого недостаточно, чтобы обеспечить их устойчивый русловой процесс, но вполне хватает для промыва рукавов и кратковременного замещения речных вод морскими во время сильных нагонов. Известно, что во время сгонно-нагонных явлений формируются значительные уклоны водной поверхности, обеспечивающие кратковременное развитие на отдельных участках дельты значительных скоростей течения воды в рукавах. Очевидно, что на скорости таких течений будут оказывать основное влияние рельеф дна протоков и устьевого бара, их ориентировка относительно фронта нагонной волны с залива и шероховатость русла. Данное явление требует дальнейшего изучения, так как, по всей видимости, оно играет значительную роль в пререраспределении вещества в системе дельта – устьевое взморье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Краюшин В.В. Распределение воды по рукавам и протокам дельты Дона // *Сб. Ростовской ГМО*. Ростов н/Д: Изд-во Ростовской ГМО, 1966. Вып. 4. С. 3–19.

Матишов Д.Г., Пряхина Г.В., и др. Современный сток воды и наносов в дельте реки Дон (по результатам экспедиционных исследований) // *Вестник Южного научного центра.* 2008. Т. 4. № 3. С. 72–77.

Мишин Д.В., Полонский В.Ф. Исследование нестационарных водных потоков в неприливном устье р. Дон // *Труды ГОИН*. СПб.: Гидрометеоиздат, 2013. Вып. 214. С. 166–179.

Полонский В.Ф., Мишин Д.В., Беляев А.Г. Оценка современного состояния распределения стока воды и наносов в основных рукавах дельты реки Дон // *Труды ГОИН*. СПб.: Гидрометеоиздат, 2011. Вып. 213. С. 313–326.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПРИЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В XXI ВЕКЕ

О.Ю. Коваленко, Е.Н. Воскресенская

Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия
kovalenko_olga89@mail.ru

Экстремальные погодные явления (например, засухи, морозы, волны тепла и холода) часто сопровождаются резким повышением или понижением температуры воздуха, что обусловливает наступление негативных экономических и социальных последствий. В частности, около 40 тысяч человек в Европе погибли в течение аномально жаркого лета 2003 года [Ревич, Шапошников, 2006]. Летом 2010 года аномальная жара унесла жизни по меньшей мере 56 тысяч россиян [Мохов, 2011]. Поэтому важность исследования изменений экстремальных температур воздуха как в историческом периоде, так и в будущем не вызывает сомнений.

Целью настоящего исследования является анализ изменений экстремальных величин температуры воздуха в Причерноморском регионе в зимний и летний сезоны по данным наблюдений и климатической модели GFDL-CM3 для исторического (1986–2005 гг.) и двух будущих (2046–2065 гг. и 2081–2100 гг.) периодов.

Данные и методика. Для достижения поставленной цели привлекались ежедневные данные о средней температуре воздуха на 17 гидрометеостанциях Причерноморского региона (рис. 1) из массива данных ECA&D за период 1950–2005 гг., а также ежедневные данные о средней температуре воздуха на высоте 2 м из климатической модели GFDL-CM3 за период 1986–2100 гг. Модель GFDL-CM3 (США) разработана в Лаборатории геофизической гидродинамики. Она имеет 48 вертикальных атмосферных уровней. Пространственное разрешение атмосферных компонентов составляет 2°широты × 2,5°долготы [Donner et al., 2011; Brands et al., 2013]. Для анализа выбран климатический сценарий изменения концентрации углекислого газа RCP 4,5, который характеризуется как умеренный.

За экстремальные величины температуры воздуха принималась температура ниже или выше некоторого порога. Далее в работе все величины температуры, соответствующие 5-му процентилю, обозначены как экстремально низкие температуры воздуха (ЭНТВ), а величины, соответствующие 95-му процентилю – экстремально высокие температуры воздуха (ЭВТВ) [Воскресенская и др., 2012]. Их изменения (линейные тренды) за исследуемый период оценивались по числу дней с экстремальной температурой. Оценка значимости изменений экстремальной температуры выполнялась с помощью критерия Стьюдента.

Результаты. В 1950–2005 гг. количество дней с ЭНТВ в зимний сезон характеризуется статистически значимым уменьшением на всех станциях Причерноморского региона. Максимальная отрицательная величина тренда этой характеристики обнаруживается на северо-востоке исследуемого региона (станция Дебальцево) и составляет 1,5 дня / 10 лет (рис. 2А). При этом число дней с ЭВТВ в летний сезон значимо увеличивается на всех станциях, кроме шести северных станций Причерноморского региона (станции Винница, Ростов-на-Дону, Дебальцево, Луганск, Полтава, и Умань). Рассчитанный коэффициент линейного тренда количества дней с ЭВТВ летом максимален на юго-западе Чёрного моря, на станции Стамбул он достигает 1,6 дня / 10 лет (рис. 2Б).



Рис. 1. Пространственное расположение гидрометеостанции на территории Причерноморского региона

Таким образом, число дней с экстремально низкими температурами в анализируемом регионе уменьшается в зимний сезон, а с экстремально высокими – увеличивается в летний. Полученная тенденция укладывается в рамки характеристики условий глобального потепления (см., например, [Бардин, Платова, 2013; IPCC, 2013]).

Для анализа будущих климатических изменений экстремальной температуры воздуха в Причерноморском регионе в работе привлекались численные расчеты климатической модели GFDL-CM3. Оценка корректности воспроизведения модельных расчетов средней температуры воздуха выполнена с помощью сравнительного анализа линейных трендов температуры воздуха по данным модели и реальных наблюдений. Считается, что климатическая модель адекватно воспроизводит характер изменения любой метеорологической характеристики, если совпадает знак тренда, при этом величина коэффициента может не совпадать [Brands et al., 2013]. Поскольку узлы регулярной сетки модели GFDL-CM3 не совпадают с координатами гидрометеорологических станций, модельные данные выбирались в узлах пространственной сетки, наиболее близко расположенных к координатам гидрометеорологических станций.

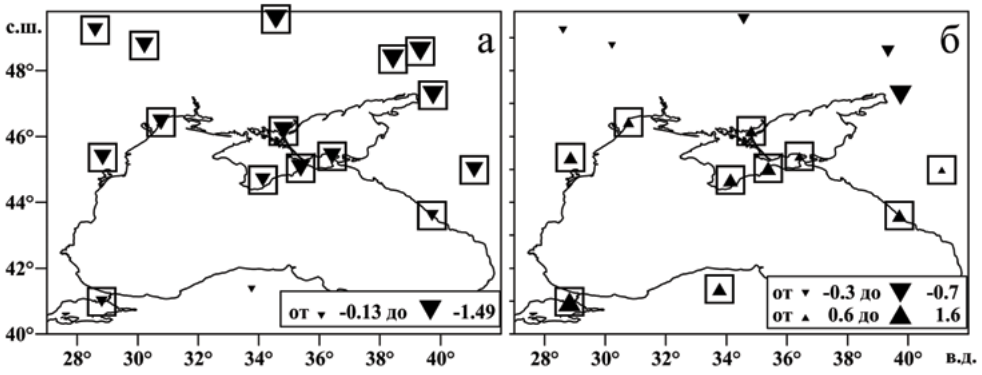


Рис. 2. Коэффициенты линейных трендов (×день / 10 лет) числа дней с ЭНТВ в зимний сезон (а) и ЭВТВ в летний сезон (б) в Причерноморском регионе. Квадратами обозначены узлы сетки со значимыми на 80 %-ном и более уровне величинами тренда

Сопоставление данных показало, что в целом модель GFDL-CM3 удовлетворительно воспроизводит тенденции изменений средней температуры воздуха и может быть использована для анализа экстремальной температуры и прогнозирования изменений этой характеристики в будущем.

Оценка возможных изменений экстремальных температур воздуха выполнена в соответствии с рекомендациями МГЭИК для трех временных отрезков: современного климатического периода (1986–2005 гг.), а также двух будущих периодов на среднесрочную (2046–2065 гг.) и долгосрочную (2081–2100 гг.) перспективы. Под возможными изменениями мы понимаем разность порогов температур между будущим и историческим периодом. Оценки получены для зимнего и летнего сезонов в среднем для вышеупомянутых трех периодов.

Для периода 2046–2065 гг., относительно исторического периода, характерен рост величин ЭНТВ зимой и ЭВТВ в летний сезон в Причерноморском регионе (рис. 3А и 4А). Полученная величина разности порогов для обоих сезонов в среднем составляет 5 °С.

Анализ изменений экстремальной температуры воздуха в период 2081–2100 гг., относительно периода 1986–2005 гг., показывает, что величины ЭНТВ в зимний сезон в изучаемом регионе возрастают. При этом величина оцениваемой разности в сопоставляемые периоды зимой достигает 4–10 °С (рис. 3Б), а увеличение ЭВТВ летом составляет до 5 °С (рис. 4Б).

На основе полученных пороговых значений температуры воздуха были проанализированы изменения количества дней с экстремальной температурой воздуха для трех анализируемых периодов в Причерноморском регионе. За отправную точку взяты пороговые значения температуры в период 1986–2005 гг., когда число случаев с ЭТВ всегда равно количеству дней в сезоне, т.к. 15 % от 20-летнего ряда равно количество дней в данном сезоне. Поэтому

в другие периоды при потеплении климата экстремально низкие температуры первого периода встречаются реже, чем экстремально высокие.

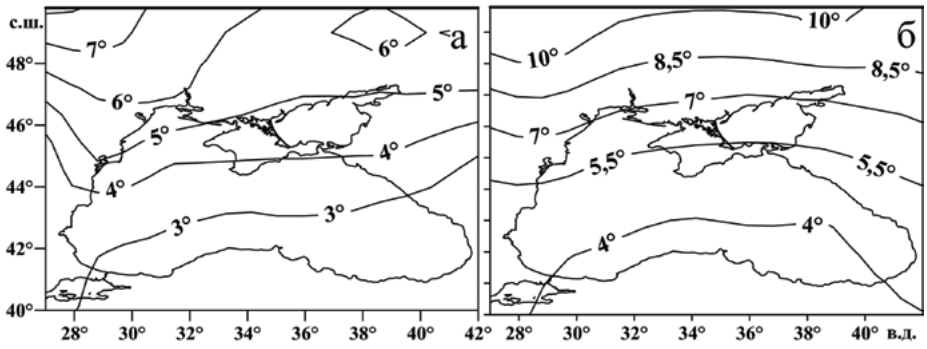


Рис. 3. Изменение экстремально низкой температуры воздуха (°С) в 2046–2065 гг. (а) и 2081–2100 гг. (б) по сравнению с 1986–2005 гг. для зимнего сезона

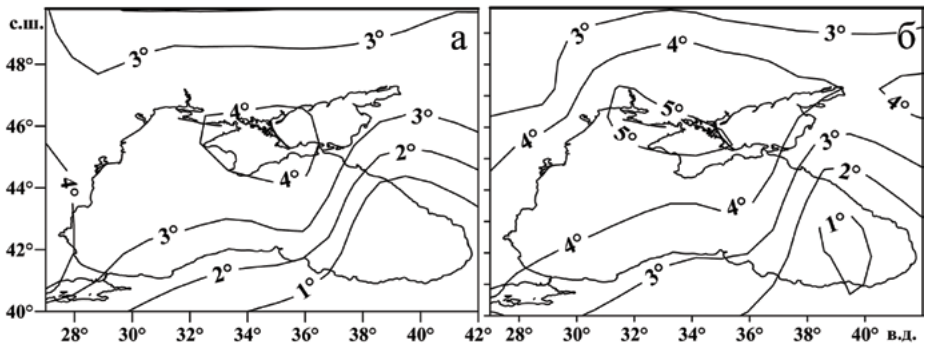


Рис. 4. Изменение экстремально высокой температуры воздуха (°С) в 2046–2065 гг. (а) и 2081–2100 гг. (б) по сравнению с 1986–2005 гг. для летнего сезона

Проведенные оценки показывают, что в 2046–2065 гг., относительно 1986–2005 гг., что количество случаев с ЭНТВ в зимний сезон в Причерноморском регионе незначительно уменьшатся. В то же время количество случаев с ЭВТВ в летний сезон возрастет до 2,5 раза.

В 2081–2100 гг., относительно исторического климатического периода, также, вероятно, сохранится тенденция к уменьшению числа случаев с ЭНТВ в зимний сезон в исследуемом регионе. При этом количество дней с ЭВТВ в летний сезон продолжит увеличиваться к концу XXI века. Их вероятное увеличение составит 2,9 раза.

Выводы. По данным наблюдений за период 1950–2005 гг. экстремальная температура воздуха характеризуется уменьшением количества дней с экстремальной низкой температурой воздуха в зимний сезон и увеличением числа дней с экстремально высокой температурой в летний сезон.

Сопоставление данных наблюдений и модельных данных показало допустимость использования данных модели GFDL-CM3 для анализа будущих изменений экстремальной температуры воздуха в Причерноморском регионе.

По результатам модельных расчетов величина ЭНТВ в зимний сезон на территории Причерноморского региона к середине XXI века, относительно исторического периода, увеличится на величину до 7 °С, а к концу XXI века – до 10 °С. При этом величина ЭВТВ в летний сезон к середине и концу XXI века, возможно, увеличится до 5 °С. Число дней с ЭНТВ в исследуемом регионе за зимние периоды 2046–2065 гг. и 2081–2100 гг. уменьшится. При этом количество случаев с ЭВТВ к середине и концу XXI века увеличится в среднем в 2,5 раза. Таким образом, расчеты с использованием климатической модели GFDL-CM3 показывают рост величин ЭНТВ в зимний сезон и летний сезон, уменьшение количества дней с ЭНТВ в зимний сезон и увеличение числа дней с ЭВТВ на протяжении всего текущего столетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бардин М.Ю., Платова Т.В. Изменения порогов экстремальных значений температур и осадков на территории России в период глобального потепления // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2013. Т. 25. С. 71–93.

Воскресенская Е.Н., Ваховская Г.А., Евстигнеев В.П. Повторяемость экстремальных температур воздуха в Черноморском регионе // *Системы контроля окружающей среды.* 2012. Вып. 18. С. 98–101.

Мохов И.И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2011. Вып. 47. № 6. С. 653–660.

Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000–2006 гг. // *Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей.* 2006. С. 102–141.

Brands S., Herrera S., et al. How well do CMIP5 Earth System Models simulate present climate conditions in Europe and Africa? *Climate Dynamics.* 2013. Vol. 41. P. 803–817.

Donner L.J., Wyman B., et al. The dynamical core, physical parameterizations, and basic simulation characteristics of the atmospheric component AM3 of the GFDL Global Coupled Model CM3. *J. of Clim.* 2011. Vol. 24. P. 3484–3519.

[IPCC, 2013]: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker T.F., Qin D., et al. (eds.). Cambridge: Cambridge Univ. Press; New York, 2013. 1535 p. doi: 10.1017/CBO9781107415324

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЬ-НИНЬО

А.С. Лубков, Е.Н. Воскресенская, О.В. Марчукова

Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия
andrey-ls2015@yandex.ru

Введение. Эль-Ниньо – Южное колебание – процесс межгодового масштаба, происходящий в экваториальной зоне Тихого океана. Благодаря его дальнодействию – это один из важнейших процессов в глобальной климатической системе, отвечающих за формирование погодно-климатических аномалий на Земле. Этому колебанию соответствуют два типичных состояния: явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Исследованию событий Эль-Ниньо посвящено много публикаций [Rasmusson, Wallace, 1983; Larkin, Harrison, 2005], в которых показано, что оно характеризуется переносом теплых вод из западной акватории Тихого океана в восточную, углублением термоклина у берегов Южной Америки, смещением центров действия атмосферы на экваторе. При этом в начале 2000-х годов появилось понимание о необходимости типизации этих событий. В итоге проведены попытки классифицировать Эль-Ниньо на два типа. В одном случае это южноамериканское прибрежное потепление и распространение аномалий температуры поверхности океана (АТПО) вдоль экватора Тихого океана в западном направлении, а в другом – распространение сформировавшихся теплых вод в центральной его части [Ashok et al., 2007; Kug et al., 2009; Yuan et al., 2012]. В обоих случаях это сопровождается существенными изменениями в атмосфере режима конвекции и осадков над тропиками. Помимо двухтипных классификаций, основанных на пространственном распределении АТПО, существуют и иные классификации. В частности, в работе [Воскресенская, Михайлова, 2010] выделено три типа событий Эль-Ниньо, которые различаются по времени начала, продолжительности и интенсивности. Как пространственная, так и временная классификация имеет свои недостатки. Зачастую анализ пространственного распространения АТПО проводится в фазу максимального развития аномалии. При этом из вида упускается информация о локализации аномалии на ранних стадиях. В то же время при временной классификации с учетом интенсивности, предложенной в работе [Воскресенская, Михайлова, 2010], не учитывалось направление распространения АТПО, что также является недостатком.

В текущей работе ставилась задача объединить подходы пространственной и временной классификации и проанализировать трансформацию условий в океане, предшествовавшую развитию изучаемых событий.

Цель работы: разработать и провести пространственно-временную классификацию событий Эль-Ниньо.

Данные. В работе использовался массив данных о температуре поверхности океана HadISST Метеорологического офиса Гадлея (Великобритания) с шагов сетки 1°, взятый за период 1870–2015 гг.

Методика. Представленная в работе классификация выполнялась иерархическим кластерным анализом методом Варда. Мерой тесноты связи было выбрано Эвклидово расстояние.

Классификация, по которой проводилась типизация событий Эль-Ниньо, осуществлялась на основе индексов АТПО, рассчитанных в районах 1–5 (рис. 1). Ранее авторами была проведена работа по идентификации начала событий Эль-Ниньо с применением индекса Nino3.4+Nino3 (5° с.ш. – 5° ю.ш. и 170°–90° з.д.) и Nino1+2 (0°–10° ю.ш. и 90°–80° з.д.), при расчете которых был учтен тренд, а также 20-летний масштаб межгодовой изменчивости, связанный с Тихоокеанской декадной осцилляцией [Воскресенская и др., 2015; Лубков и др., 2016]. При этом отмечено, что практически все явления начинаются в промежутке с апреля по декабрь, а максимальная фаза развития наблюдается в промежутке с октября по

январь. На основе этих исследований было выбрано 50 параметров. Они включали в себя по 10 среднемесячных параметров аномалии ТПО, рассчитанных для апреля, мая, июня, июля, августа, сентября, октября, ноября, декабря «0 года» и января «+1 года» событий Эль-Ниньо, полученных для каждого из 5 районов. Для каждого случая Эль-Ниньо значения параметров пересчитывались в баллы от 0 до 3 следующим образом. Температурный диапазон от 0 °С до максимального значения, наблюдаемого в любом из выбранных 50 параметров, для текущего Эль-Ниньо делился на 4 равных диапазона. При этом значению параметра, попавшему в определенный диапазон, присваивался соответственный балл. Это позволило рассматривать все события как равноценные, то есть без учета интенсивности.

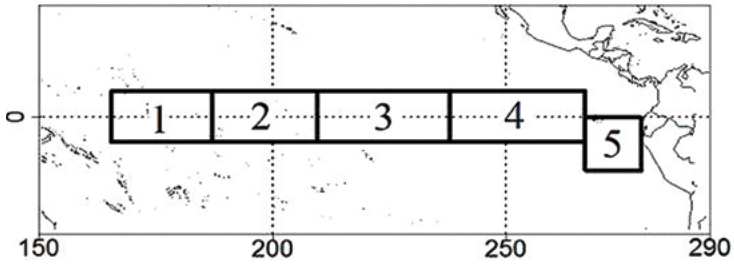


Рис. 1. Области, в которых рассчитывались аномалии ТПО

Результаты и обсуждение. В результате новой объективной классификации по АТПО было выявлено 2 типа Эль-Ниньо (табл. 1), имеющие существенные различия в характере распространения аномалии температуры и месяце начала явления. К первому типу классификатор отнес 20 событий, начало которых наблюдается весной и в начале лета (рис. 2В), при этом весной 14 событий, а это составляет больше половины случаев. Аномалия ТПО распространяется в западном направлении. Максимальная фаза развития наблюдается осенью и в начале зимы, в среднем в октябре-декабре (рис. 2Г). Полученному типу дано название *Весенний-Восточный*.

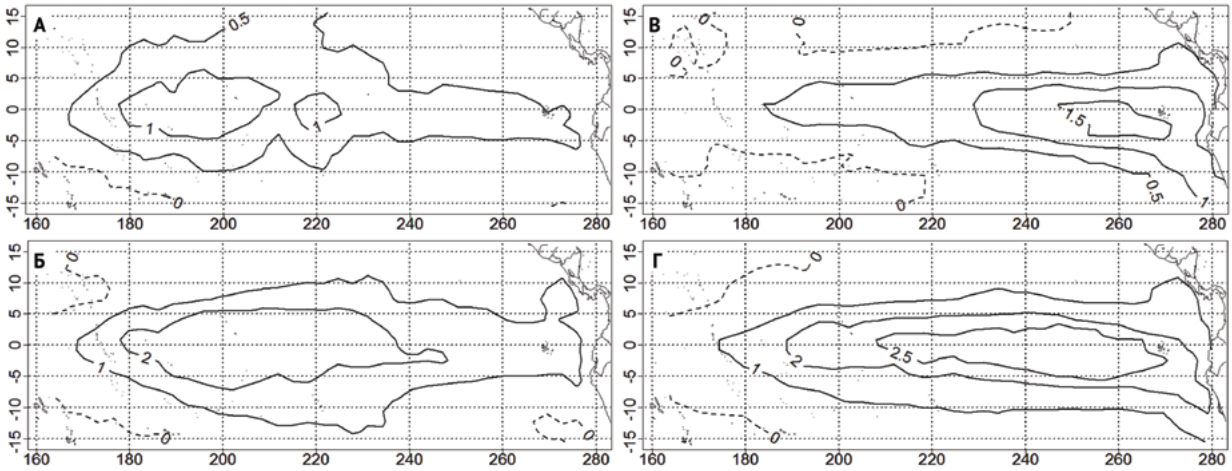


Рис. 2. Композитные карты распределения АТПО в баллах для *Осеннего-Центрального* типа, А – во время начала явления (сентябрь – октябрь), Б – во время фазы максимального развития аномалии (ноябрь – январь) и для *Весеннего-Восточного* типа, В – в начале (май – июль) и Г – во время фазы максимального развития явления (октябрь – декабрь)

Оставшиеся 10 событий классификатор отнес ко второму типу. Второй тип начинается осенью (рис 2А). Исключением является лишь два события: Эль-Ниньо 2009 года, которое началось в июле и Эль-Ниньо 1940 года, начало которого идентифицировано в январе. Аномалия ТПО как в момент зарождения, так и в максимальную фазу развития, расположена преимущественно в центре экваториальной зоны Тихого океана. Максимальная фаза наблюдается в ноябре – январе (рис. 2Б), а длительность события не превышает 7–8 месяцев.

Исключение составляют два наиболее интенсивных и продолжительных события выделенного типа: 1/1940–12/1941 и 10/1986–12/1987, длительность которых превышает 1 год, а фаза максимального развития приходится на март – май и июль – сентябрь, соответственно. Этому типу событий дано название *Осеннего-Центрального*.

Таблица 1. Результаты классификации на основе балла АТПО

Год Эль-Ниньо	Классификация на основе балла АТПО	Год Эль-Ниньо	Классификация на основе балла АТПО
1877	1	1963	1
1885	2	1965	1
1888	1	1968	2
1896	1	1969	1
1899	1	1972	1
1902	1	1976	1
1904	1	1977	2
1905	1	1982	1
1911	2	1986	2
1918	1	1991	2
1925	1	1994	2
1930	1	1997	1
1940	2	2002	2
1951	1	2006	1
1957	1	2009	2

Выводы. В результате выполненной работы разработана и проведена объективная пространственно-временная классификация типов Эль-Ниньо.

Выделено два типа явлений: весенне-восточный и осенне-центральный.

Для первого из них свойственны интенсификация у берегов Южной Америки, западное направление распространения аномалии. Начало этих событий приходится на весенний сезон и начало лета. Максимальной фазы они достигают в октябре – декабре.

Второй, осенний центральный тип характеризуется тем, что в центре Тихого океана отмечаются как интенсификация теплой АТПО, так и локализация этой аномалии в фазу максимального развития. Начало явления приурочено к осени, а максимальная фаза достигается в период с ноября по январь.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (*проект № 16-05-00231-А*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воскресенская Е.Н., Лубков А.С., Марчукова О.В. Пространственная классификация Эль-Ниньо и условия формирования события 2015 года // *Системы контроля окружающей среды*. Севастополь: ИПТС, 2015. № 2(22). С. 80–90.

Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В. Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе // *Доп. НАН України.* 2010. № 3. С. 124–130.

Лубков А.С., Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н. Атмосферные предикторы Эль-Ниньо // *Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования: мат-лы молодеж. науч. конф., г. Севастополь, 25–29 апреля 2016 г.* Севастополь: ФГБУН МГИ, 2016. С. 311–315.

Ashok K., Behera S.K., et al. El Nino Modoki and its possible teleconnection. *J. Geophys. Res.* 2007. No 112. C11007.

Kug J.S., Jin F.F., An S.I. Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino. *J. Clim.* 2009. No 22. P. 1499–1515.

Larkin N.K., Harrison D.E. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Nino autumn and winter. *Geophys. Res. Lett.* 2005. Vol. 32. L13705.

Rasmusson E.M., Wallace J.M. Meteorological aspects of El Nino/Southern Oscillation. Science. 1983. No 222. P. 1195–1202.

Yuan Y., Yang H., Li C.Y. Study of El Nino events of different types and their potential impact on the following summer precipitation in China (in Chinese). *Acta Meteorol.* Sin. 2012. No 70. P. 467–478.

ПРОЯВЛЕНИЯ СОБЫТИЙ ЛА-НИНЬЯ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

О.В. Марчукова, А.С. Лубков, Е.Н. Воскресенская

Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия
olesjath@mail.ru

Интерес к изучению событий Ла-Нинья, в отличие от Эль-Ниньо, возник лишь в конце XX столетия. Долгое время Ла-Нинья рассматривали не как отдельный процесс, а как результат развития Эль-Ниньо [Glantz, 1998]. Лишь в конце 1990-х, после события Ла-Нинья 1998–2000 гг., которое привело к катастрофическим последствиям по всему земному шару, холодную фазу ЭНЮК стали изучать более внимательно [Glantz, 2002]. Проведены первые попытки классифицировать события Ла-Нинья [Воскресенская, Марчукова, 2015; Yuan, Yan, 2013]. Так же, как и в случае Эль-Ниньо, их условно разделяют на Восточный и Центральный типы по фазе максимального развития. Однако признанной классификации на данный момент до сих пор не существует.

Цель настоящей работы заключается в изучении проявлений разных типов Ла-Нинья в климатических аномалиях Азово-Черноморского региона в период 1915–2015 гг.

Данные. Для анализа климатических аномалий в работе привлекались массивы данных о следующих гидрометеорологических параметрах:

– приземное атмосферное давление и температура воздуха из реанализа XX столетия (20th Century Reanalysis V2c) на пространственной сетке 2°×2°, взятые за период 1871–2015 гг.

– количество выпавших осадков из Глобального климатического центра осадков (GPCC) за период 1901–2010 гг. на пространственной сетке 1°×1°.

– данные температуры поверхности океана HadISST, подготовленные в Метеорологическом офисе Гадлея (Великобритания) на пространственной сетке 1°×1°.

Полученные результаты. События Ла-Нинья выделялись по индексу, который был рассчитан как естественная аномалия ТПО в регионе Nino3.4+Nino3 с координатами 5° с.ш. – 5° ю.ш. и 170°–90° з.д. Таким образом, было выделено 18 событий Ла-Нинья. Среди них 11 центрального типа (1924–1925, 1933–1934, 1949–1950, 1973–1974, 1975–1976, 1984–1985, 1988–1989, 1995–1996, 1999–2000, 2010–2011, 2011–2012 гг.) и 7 событий восточного типа (1916–1917, 1938–1939, 1942–1943, 1954–1956, 1964, 1970–1972, 2007–2008 гг.).

Анализ типичных аномалий гидрометеорологических характеристик, обусловленных событиями Ла-Нинья двух типов, проводился последовательно для каждого месяца.

Восточный тип Ла-Нинья. В ноябре и декабре выраженных значимых аномалий в Черноморском регионе не наблюдается. В январе отмечаются значимые на 95 %-ном статистически значимом уровне аномалии давления. На рис. 1А видно, что на северо-востоке Азово-Черноморского региона образуется положительная аномалия приземного давления от 0,5 до 2 мб и отрицательная (–1 мб) – на юго-западе. Подобный характер поля может говорить о переносе холодных северных воздушных масс с континентальной части России, в связи с усилением Сибирского антициклона. В полях температуры воздуха это сопровождается значимыми отрицательными аномалиями от –0,5 до –2,5 °С на северо-востоке Азово-Черноморского региона (рис. 1Б). Можно сделать вывод, что в январе Ла-Нинья восточного типа не оказывает влияния на Крымский полуостров, а Черноморское и Азовское побережье Краснодарского края ждет суровое похолодание. В феврале наблюдается значимая положительная аномалия давления в центре, на юге и юго-западе Азово-Черноморского региона в пределах значений от 0,5 до 2,5 мб. Полученная аномалия давления в феврале сопровождается аномальным понижением среднемесячной температуры воздуха с центром аномалии на северо-западе, где

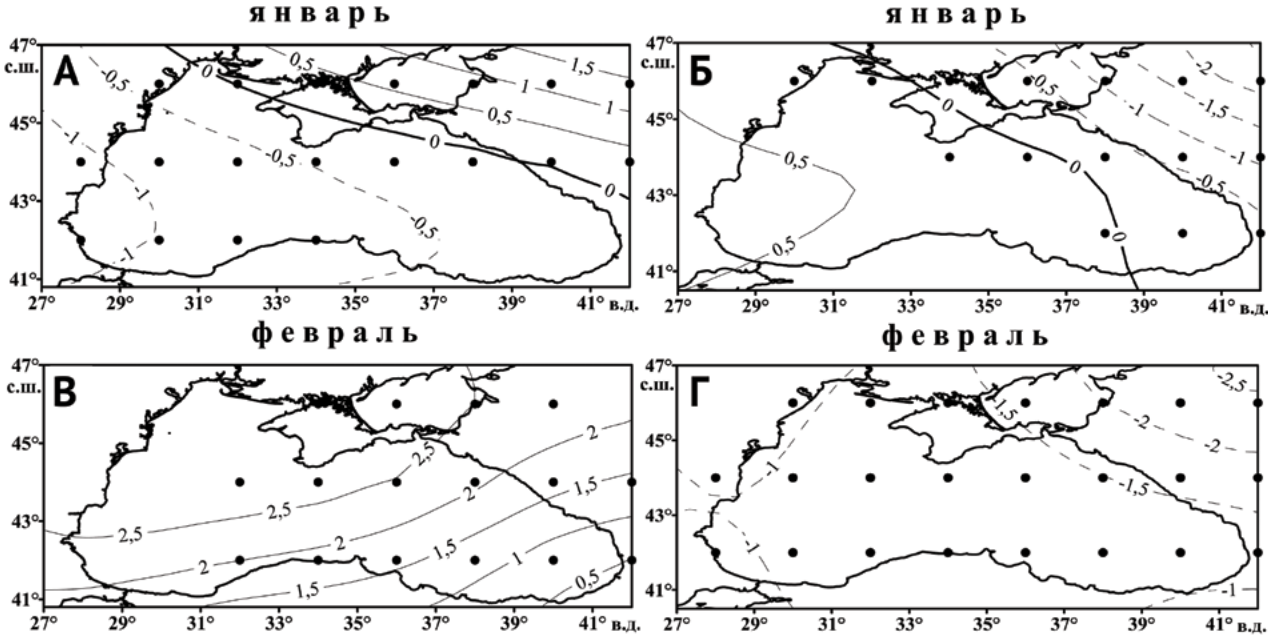


Рис. 1. Композиты аномалий приземного давления (А, В) в миллибарах и композиты аномалий температуры воздуха (Б, Г) в градусах Цельсия в годы событий Ла-Нинья Восточного типа (7 событий) по данным реанализа XX столетия. Точками отмечена статистическая значимость на 95 %-ном уровне, пунктиром – отрицательные значения, сплошной – положительные

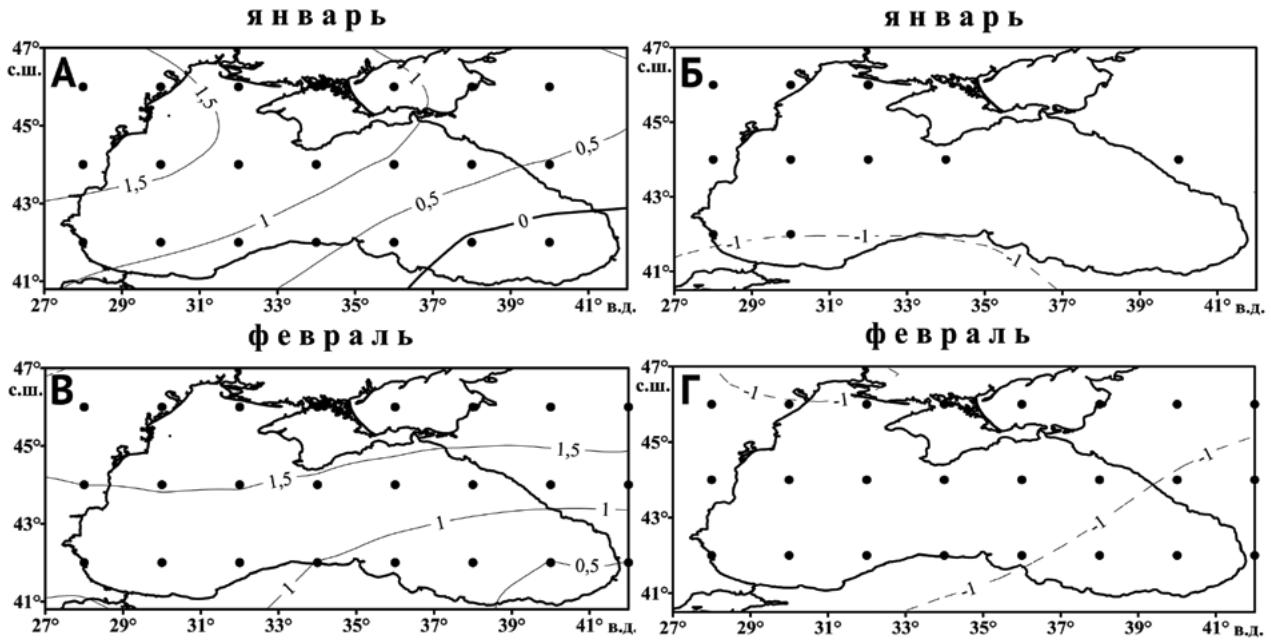


Рис. 2. Композиты аномалий приземного давления (А, В) в миллибарах и композиты аномалий температуры воздуха (Б, Г) в градусах Цельсия в годы событий Ла-Нинья Центрального типа (11 событий) по данным реанализа XX столетия. Точками отмечена статистическая значимость на 95 %-ном уровне, пунктиром – отрицательные значения, сплошной – положительные

температура понижается более чем на –2 °С (рис. 1В, Г). В весенний, летний и осенний сезоны значимые аномалии в исследуемых гидрометеорологических характеристиках не выражены. Интересно отметить, что через год после окончания *Восточного типа Ла-Нинья* наступает аномально теплая зима (до +3,5 °С на северо-востоке) со значимостью выше 95 % по критерию Стьюдента, которая также сопровождается аномальным падением среднемесячных значений приземного давления до –4 мб (карта не приводится).

Таким образом, *Восточный тип Ла-Нинья* в январе сопровождается понижением среднемесячной температуры воздуха на величину до –2,5 °С на северо-востоке Азово-Черноморского региона, а в феврале – аномальным похолоданием более чем на –2 °С на северо-западе, что согласуется со структурой аномалий в поле приземного давления.

В годы *центрального типа Ла-Нинья* его значимые проявления наблюдаются с декабря. В этот месяц значимая отрицательная аномалия давления с эпицентром на западе, величина которой превышает 1 мб. Подобное расположение аномалии может говорить о смещении траектории Средиземноморских и Атлантических циклонов, классически проходящих через исследуемый регион. Аномалии давления отражаются в значимых аномалиях осадков. Два холодных месяца – январь, февраль – сопровождаются статистически значимой положительной аномалией давления до 2 мб в северо-западной части Черноморского региона (см. рис. 2А, В). Причем в течение этих двух месяцев аномальное похолодание распространяется на весь изучаемый регион благодаря совместному усилению Азорского и Сибирского антициклонов (см. рис 2Б, Г). В отличие от Восточного типа весна в Черноморском регионе начинается в апреле с аномального потепления до 1,5 °С на 85 %-ном статистическом уровне значимости. В сентябре наблюдается положительная значимая аномалия давления, которая, как правило, сопровождается прохождением атлантических циклонов. Аномалии осадков, как на побережье Крыма, так и на Азовском море, могут достигать в среднем от 15 до 30 мм в месяц. Это достаточно большие величины, если учесть, что среднее сентябрьское количество осадков в Крыму и Азове не превышает 40–50 мм в месяц. Анализ композитов исследуемых гидрометеорологических характеристик в другие месяцы не выявил существенно-значимых аномалий.

Таким образом, годам Ла-Нинья центрального типа соответствует достаточно мягкий, аномально дождливый декабрь, который сменяется аномальным похолоданием в январе, феврале во всем Черноморском регионе, небольшим потеплением в апреле и ранней дождливой осенью в сентябре с осадками до 30 мм в месяц.

Выводы. Восточному типу Ла-Нинья свойственно усиление влияние Сибирского антициклона в зимний период, что приносит аномально-холодную зиму в Азово-Черноморский регион с северо-востока.

В «+1» годы Центрального типа Ла-Нинья климатические условия в изучаемом регионе характеризуются достаточно мягким, аномально дождливым декабрем, который сменяется аномально низкими температурами в январе и феврале во всем Черноморском регионе за счет усиления антициклонической активности над Черноморским регионом, а следующая особенность этого года – наступление ранней дождливой осени в сентябре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Качественная классификация событий Ла-Нинья // *Мор. гидрофиз. журн.* 2015. № 3. С. 15–26.

Glantz M.H. *A La Nina Summit: A Review of the Causes and Consequences of Cold Events*. Boulder: Environmental and Societal Impacts Group, NCAR, 1998. 43 p.

Glantz M.H. *La Nina and its impacts: facts and speculations.* New York: The United Nations University, 2002. 313 p.

Yuan Y., Yan H.M. Different types of La Nina events and different responses of the tropical atmosphere. *Chin. Sci. Bull*. 2013. Vol. 58. No 3. P. 406–415.

ОСОБЕННОСТИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА В МОРЯХ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Н.В. Михайлова, Т.М. Баянкина, А.А. Сизов

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
Nataly.Mikhailova@mail.ru

Тепловые и динамические процессы в пограничных слоях атмосферы и океана Арктического бассейна регулируются циркуляцией атмосферы в высоких широтах северного полушария. Индикатором циркуляции атмосферы в атлантическом секторе Арктического бассейна является Североатлантическое колебание (САК).

В настоящее время самое широкое распространение получила схема взаимодействия Северного Ледовитого океана (СЛО) и циркуляции атмосферы в Северной Атлантике, согласно которой максимальное поступление вод Северной Атлантики в СЛО происходит в положительную фазу САК [Polyakov et al., 2004]. Поскольку атлантическая вода более теплая и соленая, то в этом случае следовало ожидать также увеличение температуры и солености в северных морях. Однако по данным работ [Сарафанов и др., 2009; Bersh et al., 2004] в годы с положительной фазой САК соленость и температура вод субполярного циклонического круговорота (СЦК) были ниже, чем в годы с отрицательной фазой САК. Таким образом, существуют противоречия относительно условий, при которых меняется интенсивность притока атлантических вод в моря Западной Арктики.

Цель работы состоит в изучении особенностей взаимодействия атмосферы и океана в Норвежском и Баренцевом морях в разные фазы САК.

В работе использовался зимний индекс САК (https://climatedataguide.ucar.edu/ climate-data/hurrell-nao-index); среднемесячные поля касательного напряжения трения приземного ветра из массива реанализа NASA MERRA (http://disc.sci.gsfc.nasa.gov); среднегодовые величины расхода течений в Фареро-Шетландском проливе за 1900–1979 гг. из [Структура и изменчивость … 1989]; данные о солености на глубине 100 м на станции погоды «М» в Норвежском море (66° с.ш., 2° в.д.) за 1948–2015 гг.; данные о концентрации льда в Баренцевом море за 1870–2015 гг. из массива HadISST1 (http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadisst); среднемесячной температуре воды в слое 0–200 м в Нордкапском течении за 1951–2015 гг. Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (http://www.pinro.ru/15/index.php/ru/structure/labs/labhidro/kolasection).

Основная масса атлантических вод (более 90 %) поступает в СЛО через Исландско-Шетландский порог и через Фареро-Шетландский пролив. Как следует из рисунка 1, изменение интенсивности потока вод САТ в Фареро-Шетландском проливе находится в очень тесной связи с индексом САК и хорошо аппроксимируется линейной зависимостью с высоким коэффициентом детерминации (R2 = 0,822). Следовательно, в положительную фазу САК приток атлантических вод в моря Северо-Европейского бассейна через Фареро-Шетландский пролив уменьшается, а в отрицательную – увеличивается. Полученные выводы нашли подтверждение также в работах [Hughes et al., 2012; Chafik, 2012].

Минуя Фареро-Шетландский пролив, атлантическая вода распространяется вдоль побережья Норвегии. Основная масса атлантической воды поступает в Норвежское море в виде промежуточных вод [Berx et al., 2013] с глубиной залегания ядра от 50 до 250 м, в среднем – 100 м. Как следует из рисунка 2, повышенный приток атлантических вод в Норвежское море, который характерен для отрицательной фазы САК, ведет к увеличению солености на глубине 100 м в точке «М». И наоборот, в годы положительной фазы САК и пониженного притока атлантических вод соленость Норвежского моря уменьшается.

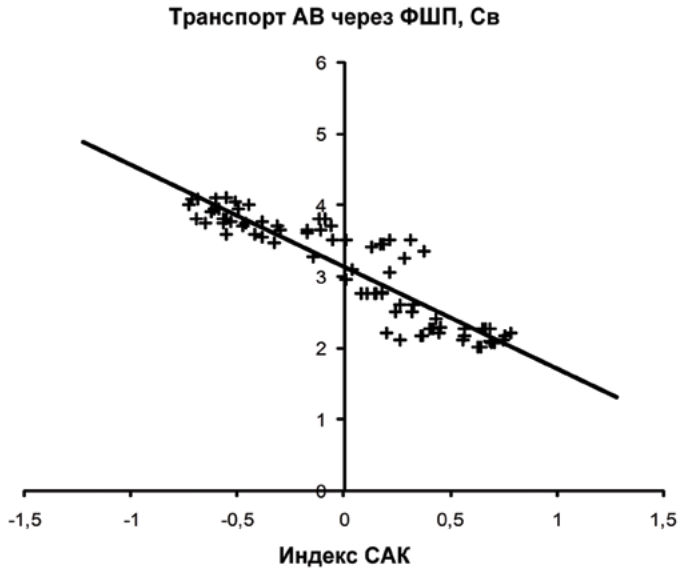


Рис. 1. Среднегодовой приток атлантических вод (АВ) в Фареро-Шетландском проливе (ФШП) в зависимости от индекса САК, сглаженного 30-летним скользящим средним. Черной линией показана линейная зависимость, полученная методом наименьших квадратов

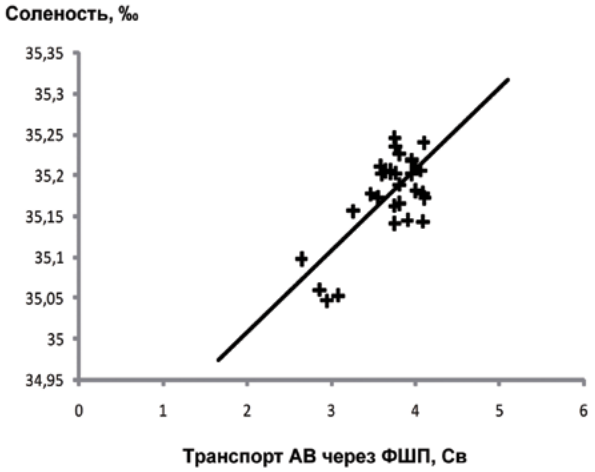


Рис. 2. Соленость на глубине 100 м на станции погоды «М» в зависимости от среднегодового притока атлантических вод (АВ) в Фареро-Шетландском проливе (ФШП)

Каков же механизм воздействия САК на верхние слои океана, позволяющий регулировать режим поступления атлантических вод в высокие широты Северного полушария? На рисунке 3 показаны композитные поля напряжения трения ветра у поверхности в разные фазы САК. В положительную фазу САК в широтном поясе 45–60° с.ш. усиливается западная составляющая ветра (рис. 3А). По этой причине дрейфовый перенос вод САТ носит хорошо выраженный зональный характер. Значительная часть вод САТ уходит к побережью Европы и дальше на юг [Дворянинов и др., 2016], СЦК расширяется, и приток атлантических вод в моря СЦК сокращается [Сарафанов и др., 2009].

При отрицательных значениях индекса САК над умеренными широтами Северной Атлантики зональная составляющая скорости ветра заметно ослабевает и сама скорость ветра уменьшается (рис. 3Б). На фоне ослабления атмосферного форсинга снижаются скорости САТ и интенсивность субтропического круговорота, что позволяет теплым и соленым субтропическим водам проникать на север в большем объеме.

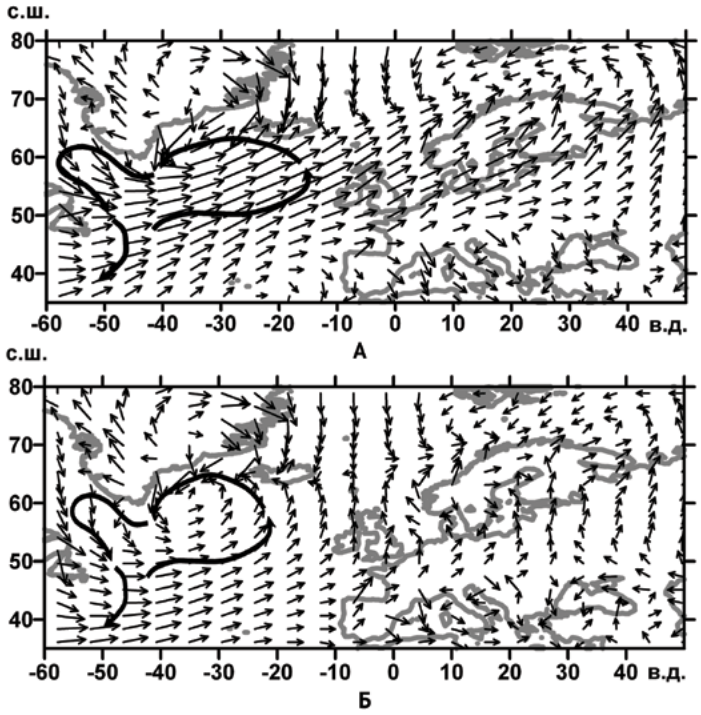


Рис. 3. Осредненное за зимний период (декабрь – март) касательное напряжение трения приземного ветра, Па/м^2 (тонкие стрелки) в Атлантико-Европейском регионе в годы с положительным (А) и отрицательным (Б) индексом САК. Схема субполярного циклонического круговорота показана жирными стрелками

Режим поступления атлантических вод в бассейн СЛО оказывает влияние на границы распространения и площадь морского льда в Баренцевом море. На рисунке 4 представлен многолетний ход аномалий ледовитости Баренцева моря и аномалий температуры воды в Нордкапском течении, сглаженных 13-месячным скользящим средним. Коэффициент корреляции между указанными рядами после удаления линейного тренда R = –0,68. Таким образом, адвекция тепла с течениями, по-видимому, является важным фактором изменения ледовитости Баренцева моря.

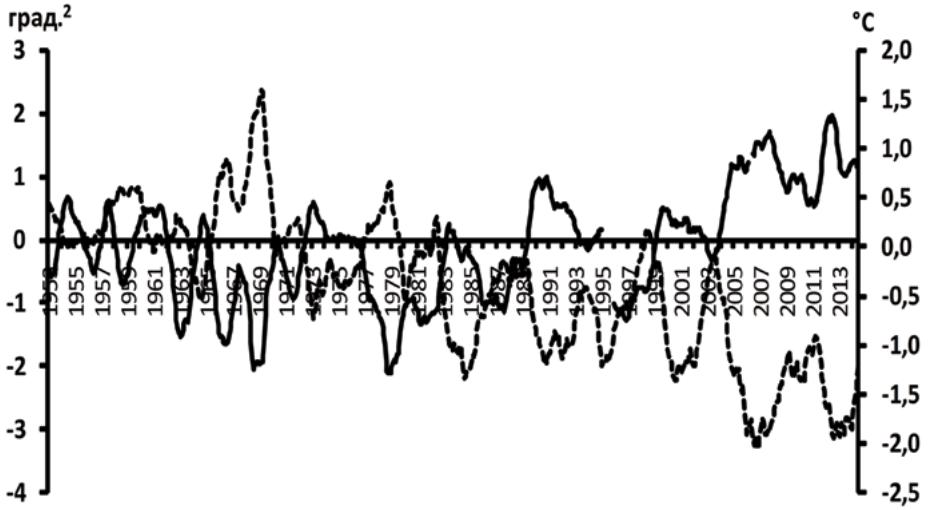


Рис. 4. Многолетний ход аномалий ледовитости Баренцева моря (пунктирная линия) и аномалий температуры воды в слое 0–200 м в Нордкапском течении (сплошная линия)

С другой стороны, как показано в [Климатический режим Арктики … 1991], вклад океана в суммарную адвекцию тепла в Арктический регион весьма мал (доля океана составляет 0,05, а доля атмосферы 0,95). Известно, что изменчивость поля ветра в Атлантико-Европейском регионе также регулируется САК через изменение циклонической активности [Hurrell, Deser, 2009]. В положительную фазу САК циклоническая активность над окраинными морями Евроазиатского шельфа заметно повышается. Поступление теплого воздуха с циклонами ведет к уменьшению потоков тепла из океана в атмосферу из-за уменьшения разности температур вода – воздух. Это еще одна причина того, что атлантические воды теряют меньше тепла именно в положительную фазу САК. Принципиально важной остается и траектория движения циклонов. В положительную фазу САК траектории циклонов смещены к северу [Hurrell, Deser, 2009], при этом большая часть Баренцева моря попадает в область теплого сектора циклонов. Над Баренцевым морем наблюдается усиление ветра южных направлений, что способствует дрейфу ледяных полей на север и уменьшению концентрации льда на юге Баренцева моря.

В отрицательную фазу САК уменьшается количество и интенсивность циклонов, а их траектории проходят над северными районами европейской территории России. Через акваторию Баренцева моря чаще всего проходит тыловая часть циклонов, где преобладающее направление ветра – северное. Дрейф ледяных полей Баренцева моря под действием северного ветра происходит в южном направлении. Концентрация льда увеличивается, в том числе и по причине низкой температуры воздуха. Таким образом, в годы положительного индекса САК, по-видимому, следует ожидать высоких температур верхнего слоя воды, воздуха и снижение ледовитости Баренцева моря. Противоположная ситуация будет наблюдаться в годы отрицательного индекса САК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дворянинов Г.С., Кубряков А.А., и др. Североатлантическое колебание – доминирующий фактор изменчивости циркуляционных океанических систем Северной Атлантики // *Докл. АН*. 2016. Т. 466. № 3. С. 345–349.

Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв. / под ред. Г.В. Алексеева и др. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. 200 с.

Сарафанов А.А., Соков А.В., Фалина А.С. Потепление и осолонение Лабрадорской водной массы и глубинных вод в субполярной Северной Атлантике на 60° с.ш. в 1997–2006 гг. // *Океанология*. 2009. Т. 49. № 2. С. 209–221.

Структура и изменчивость крупномасштабных океанологических процессов и полей в Норвежской энергоактивной зоне / под ред. Ю.В. Николаева, Г.В. Алексеева. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 128 с.

Bersh M., Yashayaev I., Koltermann K.P. Resent changes of the thermohaline circulation in the subpolar North Atlantic. *Ocean Dynamics*. 2007. No 57. P. 223–237.

Berx B., Hansen B., et al. Is the Transport of the Atlantic Water in the Faroe Shetland Channel changing? – A summary of 20 years of observations. *Ocean Sci*. 2013. Vol. 9. P. 639–654.

Chafik L. The response of the circulation in the Faroe-Shetland Channel to the North Atlantic Oscillation. *Tellus A*. 2012. Vol. 64. 18423.

Hughes S., Holliday N.P., Gaillard F. ICES Working Group on Oceanic Hydrography Variability in the ICES/NAFO region between 1950 and 2009: observations from the ICES Report on Ocean Climate. ICES Journal of Mar. Sci. 2012. Vol. 69(5). P. 706–719.

Hurrell J.W., Deser C. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. *J. Mar. Sys*. 2009. Vol. 78. P. 28–41.

Polyakov I.V., Alekseev G.V., et al. Variability of the Intermediate Atlantic water of Arctic Ocean over the Last 100 Years. *J. Clim*. 2004. Vol. 17. No 23. P. 4485–4496.

ОПУСТЫНИВАНИЕ В КАЛМЫКИИ: ДЕЙСТВИЯ СЕЛЬСКОГО СОЦИУМА

Л.В. Намруева

Калмыцкий институт гуманитарных исследований РАН, г. Элиста, Россия
lnamrueva@yandex.ru

Сельское хозяйство – тот вид экономической деятельности, который тесно связан с окружающей природной средой, ее состоянием и изменениями. Распространение новых аграрных технологий, применение мощной сельскохозяйственной техники, массовое применение химических удобрений с 1960-х гг. привели к падению плодородия почв и их выводу из оборота вследствие водной, ветровой эрозии, существенного засоления, а также способствовали повышению токсичности из-за накопления в них пестицидов и гербицидов. Исследователи отмечают, что за последние 40 лет из сельскохозяйственного оборота безвозвратно было выведено до 35 % пахотных земель планеты при росте численности населения планеты на 2 млрд 339 человек (цит. по: [Петров, 2015]). С 1945 г. деградации подверглись 11 % всего растительного покрова Земли. А интенсификация орошаемого земледелия привела к обострению водной проблемы, особенно в развивающихся странах, где до 80 % потребляемой воды идет на нужды сельского хозяйства, причем недостаток земель сельскохозяйственного назначения компенсируется за счет сведения лесов [Петров, 2015, с. 28–29].

Калмыкия, являясь самым засушливым южнороссийским регионом, отличается жарким летом с частыми суховеями, сухой продолжительной осенью, холодной малоснежной зимой с оттепелями и короткой, интенсивно протекающей весной. Эти климатические условия, усиленные антропогенным фактором (неоправданная распашка легких песчаных почв, перегрузка пастбищ и нерациональная система выпаса), привели к количественной и качественной потере природных ресурсов, снижению валовой сельскохозяйственной продукции, снижению реальных доходов и уровня жизни населения [Ташнинова, 2006]. Единственная пустыня в Европе находится в Калмыкии, и, к сожалению, пески продолжают наступать.

Агропромышленные предприятия, сельское население республики стремятся противостоять наступлению песков. К примеру, в Яшкульском РМО республики разработан проект «Фитомелиоративные мероприятия на деградированных пастбищах ОАО ПЗ “Улан-Хееч” на площади 3000 га». Все работы связаны с проведением комплексного закрепления открытых и слабозаросших песков, улучшением деградированных пастбищ. Технология посадки и посева растений-фитомелиорантов разработана с учетом их биологических особенностей, климатических условий региона и рекомендаций научных учреждений.

Работа по закреплению песков осуществляется круглый год. Весной высаживается прутняк, житняк, осенью – джузгун. На весь период проведения фитомелиоративных работ особое внимание уделяется сохранению посадок и посевов от потравы скотом. Прутняк и житняк являются ценными пастбищными растениями, а джузгун и терескен обладают не только хорошими мелиоратными, но и кормовыми достоинствами. Обладая устойчивостью к неблагоприятным климатическим и почвенным условиям, они обеспечивают высокую урожайность пастбищ, а также мелиорируют почву, улучшают ее структуру, водно-физические свойства, повышают эрозионную устойчивость [Дорджиев, 2016].

Далее рассмотрим результаты анкетного опроса, проведенного осенью 2014 г. (N = 300). Распределение по полу выглядит следующим образом: 39 % мужчин, 61 % женщин. Результаты, полученные в ходе анкетирования, свидетельствуют, что эмоциональный уровень осознания экологических угроз проявляется у подавляющего большинства опрошенных: 93,7 % признались, что состояние окружающей среды в Калмыкии вызывает тревогу. Так, 47,7 % респондентов обеспокоены в большей степени этим, 46,0 % это состояние волнует

меньше. Единицы признались, что экологические проблемы их вообще не беспокоят. Несколько человек затруднились ответить.

Один из вопросов анкеты позволяет выявить когнитивный уровень осознания экологических угроз. На вопрос: «О каких экологических проблемах, имеющихся в Калмыкии, вы знаете больше всего?» 55,3 % респондентов назвали деградацию и оскуднение пастбищ, 10,3 % – загрязнение земель отходами переработки нефти и ТБО, несанкционированными свалками, 8,3 % - засоленность земель. Результаты показывают, что о негативных последствиях деградации пастбищ население лучше осведомлено, чем о других экологических проблемах [Намруева, 2015].

Исходя из мнения опрошенных, можно выстроить тройку главных причин обострения экологической ситуации в Калмыкии. Она выглядит таким образом: экологическая безграмотность (35 %), отсутствие представлений у населения о производственной (непроизводственной) деятельности, причиняющей ущерб природе (22 %), стремление получить быструю экономическую выгоду (20 %). Эти факторы приводят к тому, что естественные пастбища калмыцкой степи перегружены из-за бессистемного выпаса скота, который многократно превышает норму. Неучитываемая агроэкономика, являясь приоритетным условием повышения уровня жизни значительной части населения региона, ведет к существенной дестабилизации и качественной деградации природной среды [Намруева, 2006].

Важнейшим направлением в борьбе с опустыниванием является природоохранное воспитание широких слоев населения аридных регионов. Экологическое образование должно осуществляться на всех уровнях общественной жизни: в дошкольных учебных учреждениях, школах, средних и высших учебных заведениях, в производственных коллективах, организациях и учреждениях. Реального улучшения в сохранении окружающей среды можно добиться лишь при активном участии всех слоев населения. Степень активности населения в решении экологических проблем в свою очередь зависит от уровня развития общественного экологического сознания и информированности его о состоянии окружающей среды. Анализируемое социологическое исследование показало, что у населения республики сформирован интерес к современным экологическим проблемам регионального уровня. Подавляющее большинство опрошенных в разной степени обеспокоено состоянием окружающей среды в Калмыкии: 47,7 % испытывают большую тревогу, 46,0 % какой-то мере беспокоятся. На вопрос «Что вы сами можете предпринять в решении экологических проблем?» 24,7 % респондентов ответили, что готовы соблюдать экологические нормы в повседневной жизни, 19,0 % – участвовать в посадке деревьев для закрепления почв.

Таким образом, необходимо использовать готовность людей участвовать в решении природоохранных проблем республики, трансформировать их экологические знания и принципы в конкретные модели поведения в природной среде и в производственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дорджиев Н. Заслон пескам // *Хальмг унн.* 2016. 16 июня.

Намруева Л.В. Локальные сообщества и угроза разрушения природной среды // *Традиционное природопользование и степные экосистемы Калмыкии.* Монография. Элиста: НПП «Джангар», 2006. 112 с. (ил.). С. 88–97.

Намруева Л.В. Сельские территории Республики Калмыкия: социально-экономические проблемы и экологические угрозы // *Социальные проблемы российского села и аграрных отношений: мат-лы междунар. науч. конф. – Седьмые Санкт-Петербургские социол. чтения (16–18 апреля 2015 г.)*. СПб.: СПбГАУ, 2015. С. 293–297.

Петров А.В. Экономическая глобализация и проблемы развития производства сельскохозяйственной продукции // *Социальные проблемы российского села и аграрных отношений: мат-лы междунар. науч. конф. – Седьмые Санкт-Петербургские социол. чтения (16–18 апреля 2015 г.)*. СПб.: СПбГАУ, 2015. С. 336–340.

Ташнинова Л.Н. Современное состояние ландшафта и экологические проблемы Калмыкии // *Традиционное природопользование и степные экосистемы Калмыкии.* Монография. Элиста: НПП «Джангар», 2006. 112 с. (ил.). С. 45–75.

ТРЕНДЫ НЕКОТОРЫХ СОПРЯЖЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРНОМОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ. ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Б.Н. Панов, Е.О. Спиридонова

Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия
panov_bn@mail.ru

Интенсивное развитие рыболовства в Мировом океане и активное изучение динамики рыбных запасов в 70–80-х годах XX столетия однозначно подтвердили зависимость запасов от изменений климата, что позволило сделать по этому поводу как обобщенные выводы [Яковлев, Альтман, 1987; Елизаров и др., 1989; Cushing, 1982], так и множество частных заключений для отдельных районов и промысловых видов.

Связи атмосферных переносов с различными биотическими процессами и рыбопромысловыми показателями в различных районах Чёрного моря исследовались нами ранее [Панов и др., 1993; Панов, Спиридонова, 1998; Панов, 2010], что позволяет диагностировать и прогнозировать современные тенденции в черноморской экосистеме, обусловленные изменениями в режиме атмосферных переносов.

Материалы и методы. Для анализа трендов в работе были использованы:

1. Банк ежедневных данных (с 1960 по 2014 год) о приземном атмосферном давлении над черноморским регионом по 16-точечной сетке, предложенной В.А. Брянцевым [Брянцев, 1987]. Межгодовая изменчивость атмосферных переносов была исследована с помощью трех первых коэффициентов (A_{00}, A_{01}, A_{10}) разложения поля приземного атмосферного давления по полиному Чебышева. A00 характеризует среднее атмосферное давление, A_{01} – зональные переносы, A_{10} – меридиональные переносы [Кудрявая, 1974].

Рассматривалось два климатических периода (1960–1990 и 1990–2014 годы).

2. Максимальные вертикальные градиенты солености (Is) воды глубже 25-метрового горизонта и глубины их залегания (Hs) в восточной (к востоку от 35° в.д.) половине Чёрного моря (массива океанографических станций 1955–1996 годов) для зон малых антициклонических вихрей (МАЦВ), циклонических вихрей (ЦВ) и глубоких антициклонических вихрей (ГАЦВ).

Методика формирования многолетних рядов избранных характеристик черноморского галоклина подробно изложена в работе [Панов, 2010].

Ряды средних годовых значений индексов атмосферной циркуляции и характеристик основного черноморского галоклина для графической оценки тенденций подвергались полиноминальной аппроксимации.

3. Ряды значений биомассы фито- и зоопланктона (Фв и Zв) в восточной (глубоководной) части Чёрного моря из справочного пособия [Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1992]. Они представляют собой величины биомасс, соответственно, в слое 0–25 и 0–100 м в мг/м^3, осредненные за год.

4. Ряды фитопланктона в виде биомасс раздельно диатомовых и перидиниевых видов (Дв, Рв), а также оценка уровня разнообразия в видовом составе клеток фитопланктона (H – индекс Шеннона) любезно предоставлены В.А. Брянцевым.

5. Биомассы медуз (*A. aurita*) в Чёрном море в млн т (M1 и M2) по съемкам соответственно в апреле – мае и июле – августе из работы [Гришин и др., 1994].

6. Общий вылов хамсы в Чёрном море во время зимней путины (Вх, тыс. т) и ее запас (Зх) – из работы [Prodanov et al., 1996].

7. Запас (Зш) черноморского шпрота (неопубликованные данные А.Г. Архипова).

8. Средние годовые значения биомассы фитопланктона (Ф) и зоопланктона (Z) Чёрного моря, биомасса желетелых (Жв) восточной половины Чёрного моря, жирность шпрота ($жир_ш$),

промысловый запас рыб Чёрного моря (ПЗ), вылов мелких пелагических рыб в Чёрном море (Вмпр) взяты из работы [Еремеев и др., 2009].

В анализе сопряженности исследуемых показателей использовался традиционный корреляционный анализ (статистически достоверными принимались связи с уровнем значимости связи ⩾0,95), а также визуальная синхронизация сглаженных кривых многолетней изменчивости.

Основные результаты исследований. Тенденция снижения среднего по району атмосферного давления (A_{00}) в средних годовых значениях показателей началась в начале 90-х годов прошлого века (рис. 1). До этого почти 30 лет наблюдалась тенденция его роста.

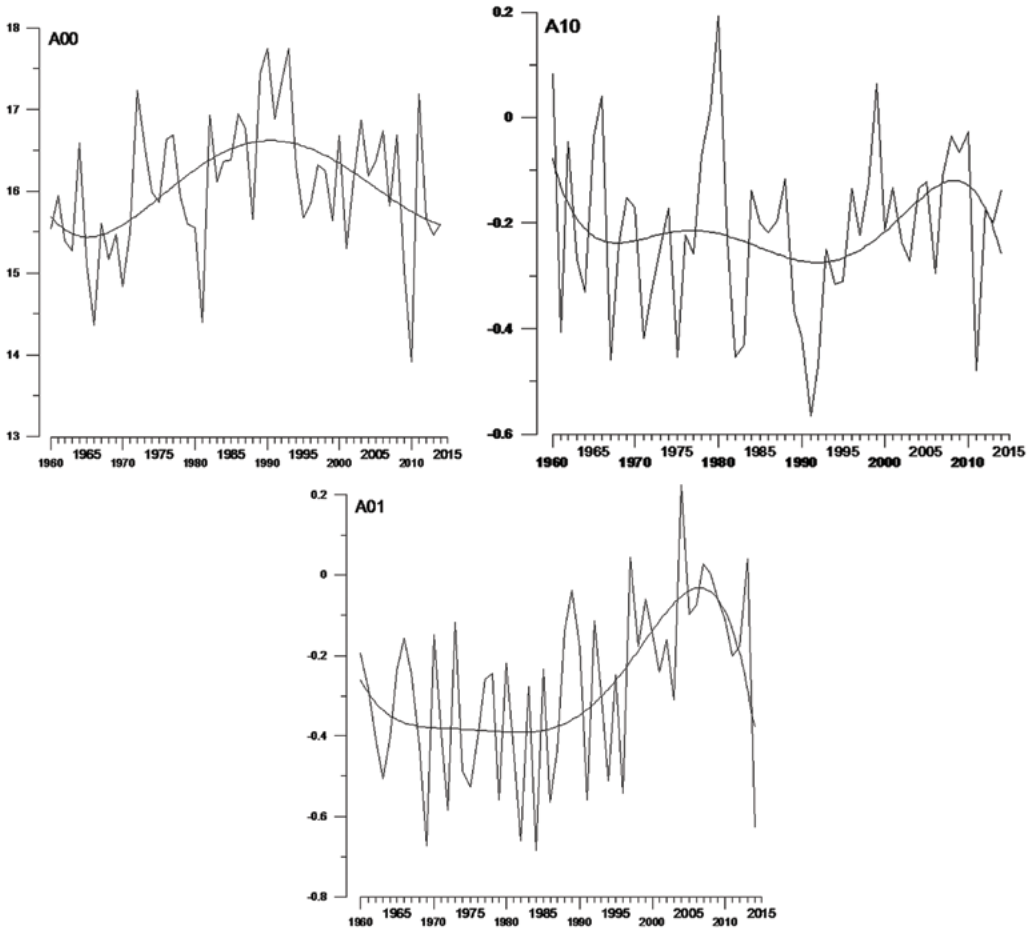


Рис. 1. Многолетние изменения средних годовых значений (фактические и полиноминально сглаженные) показателей атмосферных переносов A_{00}, A_{01}, A_{10} над Черноморским бассейном

Основной особенностью изменений средних годовых значений коэффициента A_{01} является его устойчивый рост с середины 1980-х годов, что означает ослабление традиционных восточных переносов. Однако с 2005 года наметилась тенденция их усиления. По средним годовым значениям коэффициента A_{10} можно отметить ослабление северных переносов с начала 1990-х годов и тенденцию его усиления после 2008 г.

Определение статистически значимых трендов показателей атмосферных переносов в исследуемые периоды подтверждает наличие отмеченных тенденций.

Результаты корреляционного анализа характеристик основного черноморского галоклина и показателей атмосферной циркуляции (табл. 1) указывают на то, что рост среднего атмосферного давления ведет к увеличению градиента солености в слое галоклина, а усиление восточных атмосферных переносов – к увеличению глубины его положения.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции статистически достоверных связей характеристик галоклина восточной половины Чёрного моря с показателями атмосферной циркуляции

Тип вихревого образования	Хар-ка	A_{00}	$A_{00\text{-}1}$	$A_{00\text{-}2}$	A_{01}	$A_{01\text{-}1}$	$A_{01\text{-}2}$	A_{10}	$A_{10\text{-}1}$	$A_{10\text{-}2}$
МАЦВ	Is	0,42								
	Hs					–0,42				
ЦВ	Is	0,41					0,31			
	Hs					–0,46	–0,33			
ГАЦВ	Is	0,60	0,52	0,38					–0,35	
	Hs			0,37		–0,45				

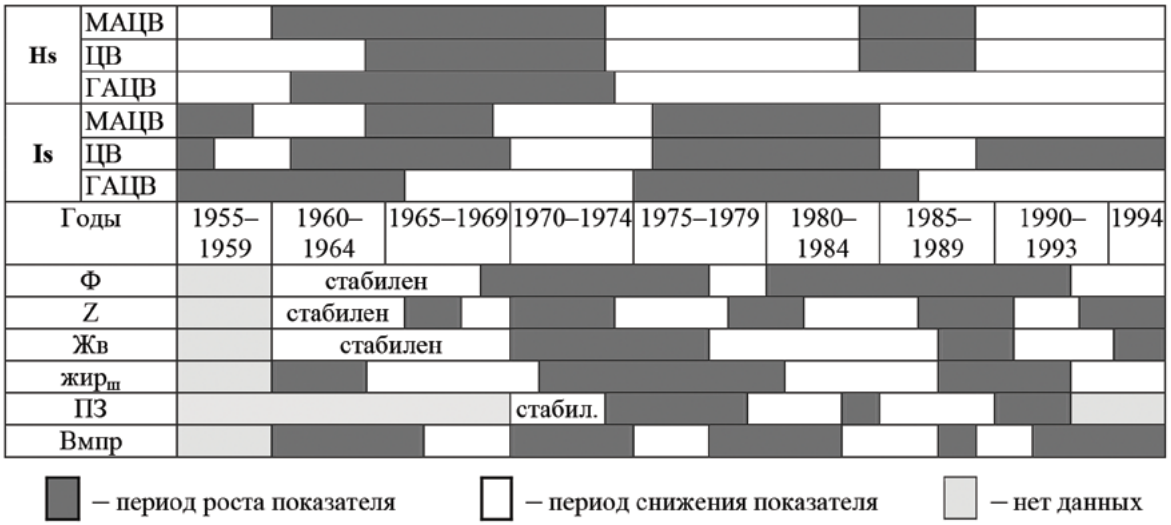
В многолетних изменениях рост градиента солености в антициклонических вихревых образованиях обусловливает (табл. 2): рост биомассы фитопланктона; снижение его биоразнообразия; увеличение вылова хамсы; уменьшение биомассы зоопланктона (за счет зон МАЦВ); увеличение запаса черноморского шпрота (за счет зон ГАЦВ).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции статистически достоверных связей характеристик вихревых образований с биотическими показателями состояния экосистемы восточной половины Чёрного моря

Тип вихревого образования	Хар-ка	Фв	Дв	Рв	Zв	M1	M2	H	Зш	Зх	Вх
МАЦВ	Is	0,39	0,37	0,67	–0,36			–0,63			0,35
	Hs										
ЦВ	Is						–0,53				
	Hs								–0,49		
ГАЦВ	Is	0,48	0,33	0,60				–0,62	0,47		0,34
	Hs					0,55					

Кривые полиномиального сглаживания характеристик черноморского галоклина использовались при построении диаграммы тенденций (табл. 3) их многолетней изменчивости, совмещенных с тенденциями изменений ряда биологических и рыбопромысловых показателей, взятых из работы [Еремеев и др., 2009].

Таблица 3. Сопоставление трендов некоторых рассмотренных показателей черноморской экосистемы



Соотношение тенденций динамики рассмотренных показателей позволяет предположить, что рост биологической продуктивности в море начинается в периоды максимальных значений глубины залегания галоклина и уменьшения значений градиентов солености в нем. Период такого роста продуктивности Чёрного моря может превышать 10 лет, как это было в 1970-е годы, и может быть менее выражен, как в конце 1980-х – начале 1990-х годов прошлого века.

После 2006 года сохранился тренд снижения среднего атмосферного давления, но появляется тренд усиления восточных переносов, что позволяет диагностировать снижение градиентов солености в галоклине и увеличение глубины его положения. Эти процессы в гидрофизической структуре моря в соответствии с вышеописанными связями способствуют росту био- и рыбопродуктивности в течение 2008–2018 годов.

Правомерность этого вывода подкрепляется положительной тенденцией вылова рыбы в Чёрном море после 2007 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брянцев В.А. *Методические рекомендации по гидрометеорологическому прогнозированию для основных объектов промысла в Чёрном море.* Керчь: АзЧерНИРО, 1987. 41 с.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР / под ред. Ф.И. Симонова, А.И. Рябинина, Д.Е. Гершановича. Т. IV. Чёрное море. Вып. 2. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 220 с.

Гришин А.Н., Коваленко Л.А., Сороколит Л.К. Трофические отношения в планктонных сообществах Чёрного моря до и после появления гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) // *Труды ЮгНИРО*. 1994. Т. 40. С. 38–44.

Елизаров А.А., Гречина Ф.С., и др. Перестройки в экосистемах Мирового океана в связи с изменениями условий в системе атмосфера – океан // *Биологические основы динамики численности и прогнозирования вылова рыб. Труды ВНИРО.* 1989. С. 29–46.

Еремеев В.Н., Болтачев А.Р., и др. Современное состояние промысловых биоресурсов Чёрного моря // *Морський екологічний журнал.* 2009. № 4. Т. VIII. С. 5–22.

Кудрявая К.И., Серяхов Е.И., Скриптунова Л.И. *Морские гидрологические прогнозы*. Л.: Гидрометиздат, 1974. 310 с.

Панов Б.Н. Возможности использования характеристик основного черноморского галоклина в исследованиях динамики состояния черноморской экосистемы // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. Сборник научных трудов.* Вып. 22. Севастополь, 2010. С. 83–96.

Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. Гидрометеорологические предпосылки формирования промысловых скоплений и миграций черноморской хамсы в юго-восточной части Чёрного моря // *Океанология*. 1998. Т. 38. № 4. С. 573–584.

Панов Б.Н., Троценко Б.Г., Коршунова Г.П. Абиотические условия миграции шпрота в северо-западной части Чёрного моря и результаты их моделирования // *Океанология*. 1993. Т. 33. № 1. С. 73–78.

Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Метод комплексного прогнозирования промыслово-океанографических характеристик // *Доклады Академии наук СССР.* 1987. Т. 294. № 1. С. 220–223.

Cushing D.H. *Climate and Fisheries*. London: Academic Press, 1982. 373 pp.

Prodanov K., Mikhilov K., et al. *Environmental management of fish resources in the Black Sea and their rational exploitation (preliminary version)*. FAO Fisheries Circular. Rome, 1996. № 909.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРЕДПРОЛИВНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ю.Ю. Ткаченко[1], В.И. Денисов[2]

[1]Территориальный центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, г. Краснодар, Россия
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
yuyut23@mail.ru, denisovgeo@yandex.ru

Чёрное море более зависимо от меняющихся климатических условий, и его реакция на происходящие глобальные климатические процессы более явна, чем у Мирового океана, обладающего известной инерционностью ответа на внешние воздействия.

Это подтверждается результатами длительных гидрофизических наблюдений Южного отделения ИО РАН со стабилизированного буя, установленного в точке с координатами 44°38’ с.ш., 37°55’ в.д. на глубине 70 м в 5 милях от берега [Плахин, 1977]. Выявлено, что на таких глубинах поля температуры и течений реагируют на изменчивость основных «энергонесущих» метеорологических величин (ветер, давление) с малым временем запаздывания, поэтому Чёрное море можно рассматривать как своеобразный экспериментальный полигон, который позволяет оценить реакцию моря на изменение характеристик климата.

Цель данной работы – исследовать влияние меняющихся климатических характеристик на формирование и изменчивость гидрофизических параметров моря, в первую очередь прибрежной зоны.

Работа выполнена на основе многолетних данных морских метеорологических станций Краснодарского краевого центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, результатов стандартных и специализированных экспедиционных работ, выполненных на судах гидрометслужбы, ВНИРО. Наблюдения за температурой воздуха, морской воды, соленостью, осадками проводились по методикам и стандартным оборудованием, принятыми в системе Росгидромета.

Особое значение в формировании и изменении гидрофизических полей и всей экосистемы Чёрного моря играет взаимодействие между морем и атмосферой, проявляющееся в обмене теплом, влагой и количеством движения. Климатические изменения, происходящие в планетарном масштабе, оказывают влияние на море, но море, как климатообразующий фактор для прилегающих районов суши воздействует на атмосферу в основном благодаря значительной термической инерционности и преобладанию положительной разности температур вода – воздух. Воздействие атмосферы на море проявляется главным образом через циркуляцию вод, путем ослабления или усиления поверхностных (а косвенно и глубинных) течений через ветровой режим. Неравномерное поступление солнечного тепла на поверхность моря и изменчивость атмосферных процессов оказывают непосредственное влияние на температуру, соленость и другие характеристики моря.

Климатически значимыми параметрами Чёрного моря являются следующие: температура поверхностного слоя, соленость и теплосодержание деятельного слоя, морские течения.

Анализируя изменение среднегодовой температуры воздуха над районом восточного побережья Чёрного моря за последние 65 лет, необходимо отметить, что после периода с 1945 по 1961 г., характеризующегося постоянными отрицательными отклонениями, с абсолютным минимумом в 1945 году, когда среднегодовые значения были на 2,7 °С ниже нормы, наступил период неустойчивого термического режима.

С 1961 г. среднегодовая температура стала в отдельные годы выше нормы. Период с 1968 по 1979 г. можно назвать «холодным», так, в эти годы тенденция изменений среднегодовой температуры воздуха была отрицательной и она не поднималась выше средних значений +11,9 °С. До 1997 года отмечались частые переходы от положительных к отрицательным отклонениям. С 1998 года начался «теплый» период, когда все среднегодовые температуры выше нормы, с максимумом за весь период наблюдений в 2007 году, когда среднегодовые значения были на 1,9 °С выше нормы. Выделенный тренд показывает устойчивую тенденцию к потеплению. Это отмечается повсеместно – на всем восточном побережье Чёрного и Азовского морей и бассейне реки Кубань.

Многолетние колебания температуры воды аналогичны многолетним колебаниям температуры воздуха, и, как правило, максимуму и минимуму среднегодовой температуры воздуха соответствует максимум и минимум среднегодовой температуры воды.

Поскольку температура морской воды определяется не только взаимодействием с атмосферой, путем теплообмена, но и приходом тепла в виде солнечной радиации, теплообменом с нижележащими слоями, «охлаждающим» влиянием речного стока, ветровым режимом над акваторией моря, потерей тепла в результате испарения, то она подвержена довольно значительным колебаниям от года к году, относительно средней многолетней температуры поверхностного слоя моря, которая равна 15,7 °С.

После минимума 1993 года, когда среднегодовые значения температуры поверхностного слоя моря были на 1,8 °С ниже нормы, наблюдается продолжительный период с температурами выше нормы, за исключением 2003 года (0,6 °С ниже нормы). Отчетливо выражен положительный тренд в изменениях среднегодовой температуры поверхностного слоя Чёрного моря за последние 30 лет. В связи с большой теплоемкостью воды колебания ее температуры значительно меньше, чем колебания температуры воздуха. Средняя годовая температура воды на 3,9 °С выше среднегодовой температуры воздуха. Избыток тепла расходуется на увеличение теплоемкости верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) моря и подпитки энергетики циркуляционных процессов моря и атмосферы.

Анализируя изменчивость мощности ВКС в летний период в восточной части моря, можно выделить плавное увеличение ВКС за последние 15 лет (максимальные значения верхнего однородного слоя наблюдали в июле 1996 г. и августе 2007 г. – до 30–35 м). Как следствие, происходят заглубление термоклина и возрастание вертикальных градиентов температуры в слое скачка, достигая значения до 4 °С/м [Ткаченко, 2011].

Если рассматривать среднемесячные температуры поверхности моря за период положительных отклонений среднегодовых температур, т.е. с 1992 года, положительный тренд присутствует во все месяцы. Таким образом, потепление поверхностного слоя отмечено не только в летние периоды, когда происходит максимальный прогрев вод, но и зимой.

При рассмотрении изменения среднегодовых сумм осадков за 65-летний период можно выделить несколько противоположных по знаку периодов с большим и малым количеством осадков.

К 1951 г. закончился сухой период, когда в среднем годовое количество осадков было ниже нормы (692 мм). В 1949 г. количество осадков составляло 79 % нормы. Период с 1951 по 1959 г. можно охарактеризовать как близкий к среднему многолетнему. Увеличение количества осадков отмечается с 1960 г. по настоящее время. Наиболее влажными за рассматриваемый период наблюдений были 1987, 1988, 1992, 1997–1999, 2004, 2005 гг., когда среднегодовое количество осадков составляло 138–148 % нормы [Ткаченко, 2011].

Положительная тенденция в осадках в конечном итоге ведет к росту не только стока рек, впадающих в Чёрное море, но и главной реки Западного Кавказа – Кубани.

Здесь необходимо отметить, что рост стока рек происходит не на всем побережье Чёрного моря, а главным образом на восточном Кавказском побережье. Это можно объяснить следующим образом.

Отмечаемый рост температуры верхнего слоя в летнее время способствует увеличению испарения. При прохождении фронтальных разделов через акваторию Чёрного моря

происходит насыщение их влагой, что приводит при выходе атмосферных фронтов на сушу, особенно в районе Большого Кавказского хребта, к их обострению и резкому увеличению выпадения осадков на побережье и предгорной зоне. В последние 10 лет повторяемость сильных дождей (100 мм и более) на восточном побережье Чёрного моря и в бассейне реки Кубань увеличилась.

Так, 17 июня 2005 года в Туапсинском районе (метеостанция Горный) в течение суток выпало 296 мм осадков, что является своеобразным рекордом для Черноморского побережья. Этим в частности объясняется тот факт, что сток рек, впадающих в северо-западную часть моря, имеет отрицательный тренд, а сток рек, впадающих в восточную часть моря и Азовское море, – положительный.

По данным отделения гидроакустики МГИ НАН Украины (О.Р. Андрианова, Р.Р. Белевич, М.И. Скипа), положительный тренд в стоке р. Дунай отмечался с начала 1860-х до начала 1980-х годов. С начала 1980-х годов тренд изменился на отрицательный и расход понизился к началу XXI века до 217 км^3/год (при среднем расходе за 1970–1981 гг. 274 км^3/год). В стоке р. Днепр также нет явно выраженного тренда. В межгодовой изменчивости годовых расходов р. Днепр на протяжении всего ряда лет прослеживался отрицательный тренд с волнообразными периодами повышенной и пониженной водности.

При этом приток Кубани и Дона в Азовское море уже достиг уровня до зарегулирования этих рек. За последние 30 лет среднегодовой расход рек Кубани и Протока в устьевой зоне увеличился более чем на 100 м^3/с. Соответственно увеличилось поступление распресненных азовских вод в северо-восточную часть Чёрного моря.

Поскольку на формирование поля солености поверхностного слоя прибрежной зоны Чёрного моря основное влияние оказывает сток рек, который составляет до 340 км^3/год (при объеме вод моря 555 * 10^3 км^3), представляет интерес рассмотрение реакции поля солености на увеличение объемов стока в многолетнем плане.

Средний общий объем стока рек восточного побережья, впадающих в Чёрное море, составляет 28,4 км^3/год. Наибольший вклад вносят такие реки, как Риони, Ингури, Кодори, на долю которых приходится 79 % от общего стока рек восточного побережья. Риони по величине среднего годового расхода воды (порядка 400 м^3/с) мало уступает таким крупным рекам, как Кубань (425 м^3/с) и Кура (575 м^3/с). Основная масса воды сбрасывается реками с преимущественно дождевым питанием (до 85 %) в море в зимне-весенний период: Мезыб – 87,1 %, Вулан – 85,3 %, Туапсе –79,1 %, Аше – 71,1 %, Шахе – 66,9%, Сочи – 71,3%, Хоста –66,6% [Кочетов, 1991]. У реки Мзымта максимум приходится на весенне-летний период.

Анализ многолетних изменений солености в Анапе, Геленджике, Новороссийске, Туапсе и Сочи показывает наличие отрицательных тенденций на фоне положительного тренда в среднегодовом суммарном стоке кавказских рек.

Рассчитанная корреляция суммы годовых стоков кавказских рек со среднегодовыми значениями солености в пунктах наблюдений показала устойчивую связь. Коэффициенты корреляции стока кавказских рек с соленостью убывают по мере удаления от основных источников распреснения: в Сочи равны – 0,77, Туапсе – 0,68, Геленджике – 0,65, Новороссийске и Анапе – 0,62 и 0,58 соответственно.

Наименьший коэффициент корреляции солености в Анапе с суммарным речным стоком связан с влиянием на формирование поля солености в этом районе в большей степени азовских вод. Однако, учитывая положение Чёрного моря, ограниченный водообмен с окружающими морями, нельзя делать вывод о тенденциях в поле солености поверхностного слоя без учета анализа многолетней изменчивости стока рек Дуная, Днепра, Днестра и Буга, чей суммарный сток составляет около 80 % общего стока в Чёрное море. Такой анализ выполнен Э.Н. Альтманом и И.Ф. Гертманом [1985], Ю.П. Ильиным [2006]. Как отмечено Э.Н. Альтманом и И.Ф. Гертманом [1985; 1987], в период с 1974 по 1981 г. среднегодовые величины солености в районе Херсонеса монотонно понизились в целом на 0,5 ‰, для района Одессы эта величина составила 0,4 ‰. Анализ Ю.П. Ильиным всех доступных данных наблюдений за соленостью в период с 1957 по 1995 г. позволил сделать вывод о многолетних отрицательных

трендах солености поверхностных вод в центральной части СЗЧМ и придунайском районе и продолжающихся тенденциях понижения солености поверхностных вод (0,6–0,7 ‰).

По нашим данным, в период с 1986 по 1996 г. среднегодовые значения солености в районе Сочи – Анапа понизились на 0,4 ‰. Увеличение стока рек восточного побережья в последнее 10-летие способствовало дальнейшему распреснению прибрежной зоны восточной части Чёрного моря. За 30 лет среднегодовые значения солености в районе Туапсе понизились на 0,9 ‰.

Таким образом, процессы распреснения наиболее интенсивно выражены в восточной части Чёрного моря. Особенно это ярко проявляется в прибрежной зоне, до фронтального раздела между прибрежными водами и водами Основного черноморского течения, который обычно приурочен к свалу глубин [Сапожников, 1991].

В результате происходит обострение горизонтальных градиентов солености в зоне фронтального раздела. Кроме того, распреснение поверхностного слоя обусловливает устойчивую стратификацию водных масс в верхнем 100-метровом слое и уменьшает процессы вертикального переноса.

В пространственном распределении поля солености поверхностных вод общей закономерностью является ее возрастание по мере удаления от берега. В прибрежной зоне поле солености во все сезоны года определяется расположением основных источников распреснения – это речной сток и в меньшей степени осадки. Ветер и течения, не изменяя непосредственно величину солености, вызывают перераспределение водных масс, относя распресненную воду от устьев рек в море на значительные расстояния, способствуют поднятию более соленой воды из более глубоких слоев.

В прибрежной зоне восточной части моря существуют постоянные зоны распреснения, приуроченные к устьевым зонам, где во время прохождения паводка соленость морских вод может понижаться до 8,5 ‰. Горизонтальные градиенты солености в зонах фронтального раздела достигают значений 5,5 ‰/км.

Анализ наблюдений за ветром на морских станциях Кавказского побережья показывает, что ветровое поле над восточной частью Чёрного моря в целом остается стабильным, но при этом возрастает количество случаев с ветром категории ОЯ.

Как показывают наблюдения на морской метеостанции Анапа, за 30-летний период, с 1978 по 2007 г., количество случаев с очень сильным ветром каждую десятилетку увеличивается. Если за первую десятилетку (1978–1987 гг.) отмечался только 1 случай очень сильного ветра (более 25 м/с), во вторую (1988–1997) – 3 случая, то в третью (1998–2007 гг.) зафиксировано 7 случаев очень сильного ветра. Максимальная скорость ветра также увеличивается с каждым десятилетием. Сильные ветры стали и более продолжительными. Особенно это ярко выражено для ветров южной четверти, что приводит к формированию и развитию волнения более 6 баллов и в отдельных случаях катастрофических штормов, как это было 11 ноября 2007 года, когда наблюдался ураганный ветер, порывы которого достигали 35 м/с, и продолжался он 19 часов. Тогда как в период 1978–1987 гг. максимальный ветер был порывами до 22 м/с и непрерывное его время действия составляло 1,5 часа.

В СЗ части Чёрного моря, по данным Ю.П. Ильина [2006], отмечается усиление западного ветра и ветров от северных направлений.

Изменение ветрового режима определяет изменение ветровых течений, особенно в прибрежной зоне, где динамика вод значительно отличается от открытой части моря.

В результате ветрового воздействия может происходить ослабление или усиление Основного Черноморского течения (ОЧТ). Во время сильных штормов происходит интенсивное перемешивание верхнего слоя и сглаживание термохалинных градиентов. Характер движения воды при заданных скорости и направлении ветра играет решающую роль в перемещении загрязняющих веществ, в частности нефтяной пленки. Непосредственно на мелководье сильный ветер оказывает преобладающее влияние на формирование местной системы циркуляции вод.

Во-первых, небольшая глубина обусловливает развитие довольно сильных течений вблизи дна. Придонное течение, которое в открытом море играет незначительную роль,

становится здесь существенным. Кроме того, береговая линия создает ограничение для движения воды в перпендикулярном к ней направлении, что приводит к возникновению наклона уровня и формированию системы градиентных течений [Боуден, 1988]. Во-вторых, прибрежные воды представляют собой районы с относительно большими горизонтальными градиентами солености, температуры и плотности, которые служат причиной изменения характера течений. Существование больших горизонтальных градиентов плотности способствует тому, что плотностные течения оказывают на динамику вод в прибрежье большее значение, чем в открытой части моря. Кроме этого, берег и дно оказывают сильное влияние и на ветровые течения [Charnock, 1955].

Усиление ветра в холодный период года в первую очередь проявляется в дальнейшей интенсификация ОЧТ в зимний период, увеличение его скорости и устойчивости и как следствие этого затухание системы антициклонических вихрей. Зимой геострофические скорости в ОЧТ достигают 0,15–0,20 м/с.

Естественно, гидрометеорологические факторы воздействуют на море совместно, и невозможно рассматривать их влияние на гидрофизические характеристики моря отдельно друг от друга. Отмечаемые климатические изменения оказывают устойчивое воздействие на Чёрное море, в как результат этих изменений ответная реакция моря проявляется через рост температуры поверхностного слоя, распреснение прибрежных вод, изменение уровня моря и динамики вод в прибрежной зоне моря.

Приток речной воды создает вблизи берега зоны пониженной солености. Перемешивание распресненных и морских вод приводит к формированию особого режима циркуляции в прибрежье.

Увеличение поступления речных вод в прибрежную зону способствует формированию устойчивой стратификации и развитию горизонтальной циркуляции, что, с одной стороны, интенсифицирует процессы вихреобразования на боковой (прибрежной) границе ОЧТ за счет бокового сдвига скоростей между стрежнем ОЧТ и системой прибрежных течений, а с другой, – способствует формированию составляющей течения, поддерживающей направление ОЧТ и системы прибрежных антициклонических вихрей (ПАВ). Паводки, таким образом, способствуют вихреобразованию и формированию ПАВ. Если в период мая – сентября 1989–1991 гг. на восточном побережье отмечалось в среднем 4 ПАВ, то в этот же период 2007–2009 гг. – 6 ПАВ.

Меандрирование ОЧТ происходит в результате взаимодействия прибрежной зоны ОЧТ с потоком «речных» вод, скорость течения которых соизмерима с скоростями ОЧТ. Причем на отмелом типе взморья струя «речных» вод, не отрываясь от дна, продолжает, постепенно затухая, двигаться в направлении от берега, постепенно поворачивая по течению основного потока [Михайлов, 1971].

В тех случаях, когда глубина резко увеличивается, речная струя отрывается от дна. В этом случае часто снизу возникает подсос морских вод, увеличивающих толщину струи вследствие подтока новых масс воды [Симонов, 1969]. По данным C. Bondar [1965] и Б.В. Штейнбаха [1970], скорости речного потока сохраняются на высоком уровне на расстоянии до 5–8 км от берега. Наблюдения, выполненные нами с борта судна с использованием доплеровского измерителя течений, показывают, что на расстоянии 5 км от берега скорости «речного» потока в период паводка составляют 0,6–0,8 м/с (река Ингури, 1988 г.; река Шахе, 1990 г.). Таких скоростей достаточно для образования меандра на прибрежной зоне ОЧТ. Изменения в распределении плотности, создаваемые речным стоком, оказывают доминирующее влияние на ОЧТ и систему прибрежных антициклонических вихрей как в весенне-летний, так и в зимний период.

Выводы. Процессы глобального изменения климата оказывают прямое влияние на изменчивость гидрофизических полей прибрежной зоны Чёрного моря.

При этом рост среднегодовой температуры воздуха способствует увеличению температуры воды на поверхности, но в результате обратной реакции моря на такое воздействие

происходит перераспределение осадков, выпадающих в районе Чёрного моря. Рост температуры верхнего слоя в летнее время способствует увеличению испарения с поверхности моря. При прохождении фронтальных разделов через акваторию Чёрного моря происходит насыщение их влагой, что приводит при выходе атмосферных фронтов на сушу, особенно в районе Большого Кавказского хребта, к их обострению и резкому увеличению выпадения осадков на побережье и предгорной зоне восточной части моря. В результате возрастает сток рек, впадающих в Азовское и Чёрное моря.

Изменение термохалинных характеристик Чёрного моря под влиянием меняющихся гидрометеорологических факторов приводит к усилению двухслойной структуры моря.

Этому способствует распреснение прибрежных вод и усиление сезонного термоклина, увеличение продолжительности его существования в течение года, что в конечном итоге оказывает влияние на динамику вод в прибрежной зоне.

В результате происходит усиление горизонтальных движений в верхнем слое моря, сопровождающееся уменьшением вертикальных движений вследствие развития ВКС и увеличения температурного градиента на нижней его границе. Жесткий сезонный пикноклин (вертикальный перепад плотности в сезонном слое скачка может достигать 4 усл. ед.), формирующийся летом как под воздействием температуры, так и распреснения прибрежных вод, препятствует вертикальному обмену между поверхностными и глубинными водами. Он не дает распространяться ветровому импульсу в глубину, значительно ослабляя его воздействие, что приводит к снижению скорости течения в придонном слое до 1 см/с. На его верхней границе в условиях маловетренной погоды происходит накопление отмершей органики, мелкодисперсной взвеси, продуктов загрязнения, что способствует образованию и усилению подповерхностного минимума кислорода. Интенсивное распреснение прибрежной зоны способствует обострению фронтальной зоны, увеличению горизонтальных градиентов солености и «локализации» прибрежных вод.

Но, с другой стороны, резкому ухудшению экологической ситуации, связанной с расслоением поверхностных вод, препятствуют летние паводки, которые способствуют вихреобразованию и формированию прибрежных антициклонических вихрей. Меандрирование ОЧТ происходит в результате взаимодействия прибрежной зоны ОЧТ с потоком речных вод, скорость течения которых соизмерима со скоростями основного течения. Изменения в распределении плотности, создаваемые речным стоком, оказывают доминирующие влияние на ОЧТ и систему прибрежных антициклонических вихрей.

Повышенный сток черноморских рек способствует дополнительному образованию прибрежных антициклонических вихрей. ПАВ выполняют роль аккумулятора и транспортировщика значительных масс загрязненных прибрежных вод (учитывая средние размеры вихря 50 × 70 км) в глубинные слои моря.

При прохождении вихря вдоль берега происходит сначала приток вод к побережью (фронтальная часть), т.е. возможно поступление загрязнения к берегу, а затем вынос поверхностных вод от берега (тыловая область ПАВ), и соответственно уменьшение загрязнения прибрежной зоны.

В период паводков, когда речные воды содержат максимальное количество взвеси и загрязняющих веществ, происходит вынос этих вод с участием ПАВ на удаление от берега до 20 км.

Дополнительным фактором, который компенсирует негативные последствия, связанные с усиливающимися сезонным пикноклином и зоной фронтального раздела, является апвеллинг, вызываемый СВ ветром и ПАВ. Апвеллинг на значительной площади способствует смыву в открытое море поверхностных вод с высокой степенью загрязненности и подъему более чистых глубинных вод, богатых биогенными веществами. В результате происходит очищение прибрежных вод и возрастание их продуктивности [Ткаченко и др., 2007].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Альтман Э.Н., Гертман И.Ф. Реакция поля солености Черного моря на изменение стока рек // *Совершенствование управления реакреационных систем:* мат-лы конф. Севастополь: МГИ АН УССР, 1985. С. 231–245.

Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Голубева З.А. *Климатические поля солености и температуры воды Чёрного моря*. Севастополь: СО ГОИН, 1987. 120 с.

Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И. О некоторых особенностях климатической изменчивости расходов рек Дуная, Днепра и уровня моря в Одессе в XX столетии // *Экология окружающей среды стран СНГ. Экологические проблемы окружающей среды, пути и методы их решения*. URL: http://www.ecologylife.ru/ekologiya-chernogo-morya-2003

Боуден К. *Физическая океанография прибрежных вод*. М.: Мир, 1988. 388 с.

Ильин Ю.П. Гидрологический режим распространения речных вод в северо-западной части Чёрного моря // *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255.

Михайлов В.Н. Динамика потока и русла в неприливных устьях рек // *Труды ГОИН.* 1971. Вып. 102. 259 с.

Плахин Е.А. О постановке долговременного гидрофизического эксперимента в шельфовом районе Черного моря. // *Изв. АН. СССР, Физика атм. и океана*. 1977. Т. 13. № 9. С. 989–990.

Сапожников В.В. Биогидрохимический барьер на границе шельфовых вод Черного моря // *Океанология*. 1991. Т. 31. № 4. С. 577–584.

Симонов А.И. *Гидрология и гидрохимия вод приглубого устьевого взморья в морях без приливов.* М.: Гидрометеоиздат, 1969. 230 с.

Ткаченко Ю.Ю. Исследование климатических изменений гидрометеорологических факторов и гидрофизических полей, оказывающих влияние на состояние экосистемы прибрежной зоны восточной части Чёрного моря // *Вопросы промысловой океанологии*. Вып. 7. № 2. М.: Изд. ВНИРО, 2011.

Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И., Фёдоров Ю.А. Влияние прибрежного апвеллинга на вертикальный водообмен шельфа Чёрного моря // *Экологические проблемы. Взгляд в будущее*: сб. тр. IV науч.-практ. конф. с междунар. участием. 05–08.09.2007, СОЛ «Лиманчик», ЮФУ. Ростов н/Д, 2007. С. 341–344.

Штейнбах Б.В. К вопросу о распределении модуля скорости в прибрежной зоне Балтийского моря // *Тр. ГОИН.* 1970. Вып. 98. С. 174-183.

Штейнбах Б.В. *Течения в прибрежной зоне Рижского взморья*: автореф. дис. … канд. геогр. наук. Рига: ЛГМИ, 1970. 22 с.

Bondar C. Data asupra patrunderilor de apa marina in albia gurii canalulul Sulina. *Studii de hidraul.* 1965. No 9.

Charnock H. Wind-stress on a water surface. *Quart J. Roy. Meteorol. Soc.* 1955. Vol. 81. P. 639–640.

РАЗДЕЛ 2

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА



БАКТЕРИОПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ ЛЕТОМ 2012 г.

Г.Ю. Глущенко

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
shvyrkova@ssc-ras.ru

На сегодняшний день одной из основных целей изучения Мирового океана является изучение динамики водных экосистем, процессов их самоочищения, оценка биологических ресурсов водоемов [Экологический атлас… 2011]. Функциональная адекватность в первую очередь микробиологических процессов в значительной мере обеспечивает устойчивость экосистем. Именно микробиальное сообщество, являясь начальным и конечным звеном гетеротрофного цикла в водных экосистемах, представляет собой главный стабилизирующий и реагирующий блок, поддерживающий четкую упорядоченность вещественных и энергетических круговоротов во всех звеньях экосистем [Студеникина и др., 2002]. Определение видового состава и количественных характеристик микробных сообществ необходимо для понимания их роли в функционировании экосистем [Трусова, 2004].

Изучение микробных сообществ Азовского моря начали проводить в конце XIX века Н.Д. Зеленский, Б.Л. Исаченко методами посева на различные селективные среды, желатиновые пластинки и пр. [Книпович, 1926; Игнатьев, 2001]. В 30-е годы XX века с введением в практику исследований различных методов микроскопии были достигнуты успехи в изучении количественных характеристик бактерий [Буткевич, 1938]. С 1960-х годов с помощью методов глубинного посева и электронной микроскопии получены сведения об уровне развития микроорганизмов, скорости их генерации, суточной удельной продукции бактериопланктона, а также данные о видовом разнообразии, морфологических и физиологических особенностях сапрофитной микрофлоры моря [Жукова, 1959, 1960; Острогская, 1956; Цыбань, Домчинская, 1974]. В последующие годы до начала XXI века микробиологические исследования в Азовском море продолжали с использованием скляночного метода, глубинного посева на среды и прямого счета [Иванов, 1955; Толоконникова, 1983, 1987; Толоконникова, Гапонова, 2000; Студеникина и др., 2002]. В дальнейшем наряду с классическими использовали молекулярно-генетические методы для описания санитарно-микробиологического, экологического состояния воды и рыб Азовского моря [Морозова и др., 2012; Сазыкин, 2012; Doronina et al., 2000].

Несмотря на давность исследования и применение различных микробиологических методов целостное представление о микробном пейзаже Азовского моря до сих пор отсутствует, так как исследования в основном были направлены на идентификацию видов отдельных функциональных групп бактерий. В связи с этим целью проводимой работы является восполнение пробелов в изучении структуры бактериопланктона и его распределение по акватории Азовского моря с помощью комплекса различных методов исследования.

Для получения общих представлений об уровне биологического разнообразия бактериопланктона Азовского моря, его пространственной и таксономической структурах был выполнен метагеномный анализ под руководством Д.Г. Матишова [Матишов и др., 2013; 2015], а с применением эпилюминесцентной микроскопии получены количественные характеристики микроорганизмов. Для анализа были взяты 11 проб с поверхностного и придонного водных горизонтов в августе 2012 г. с борта НИС «Денеб». Пробы были отобраны на станциях, расположенных по судовому ходу от Керченского пролива до Таганрогского залива в разных районах моря.

Геномный анализ позволяет выявить некультивируемые виды бактерий, что в свою очередь расширяет представления о функционировании морских экосистем. В результате применения молекулярно-генетического метода было идентифицировано в 3,5 раза больше, по сравнению с предыдущими исследованиями, микроорганизмов, относящихся к доменам Eubacteria (12 отделов, 26 классов, 47 порядков, 78 семейства, 259 родов) и Archaea (1 отдел). Основу планктонного микробного сообщества Азовского моря в исследуемый период составляли представители отделов Proteobacteria (23,9–66,4 %), Bacteroidetes (7,4–32,1 %)

и Cyanobacteria (1,6–33,6 %). В отдельных пунктах отмечена высокая доля бактерий отделов Actinobacteria (до 18,4 %), Firmicutes (до 8,2 %), Planctomycetes (0,9–8,4 %) и Verrucomicrobia (до 15,9 %). Более подробное описание полученных результатов метагеномного анализа и анализа пространственной структуры бактериопланктона Азовского моря опубликовано в работах Д.Г. Матишова и др. [2013; 2015].

В результате обработки проб с помощью эпилюминесцентной микроскопии получены данные качественного состава бактериопланктона, включающего основные следующие морфологические формы: коккоидные, палочковидные, извитые (вибрионы), тороиды, нитевидные и пр., а также значения его численности и биомассы. По итогам данного исследования основным компонентом бактериопланктона на всей акватории Азовского моря были одиночные, неприкрепленные коккоидной формы клетки с размерами преимущественно <2 мкм. Их вклад в формирование общей биомассы и численности составлял 46–55 % и 76–80 %, соответственно (рис. 1). Второстепенными представителями микробного сообщества были палочковидные формы (⩾2 мкм), составив 8–49 % от общей биомассы и 9–20 % от общей численности бактериопланктона.

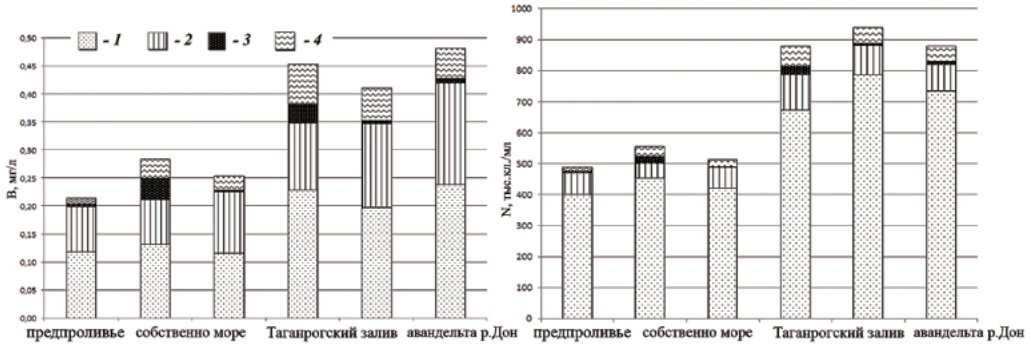


Рис. 1. Средние значения биомассы (B, мг/л) и численности (N, тыс. кл./мл) в разных районах Азовского моря: 1 – кокки, 2 – палочки, 3 – тороиды, 4 – вибрионы

Схожее развитие и соотношение морфологических форм бактерий в летний период отмечают исследователи и для других морских водоемов, связывая такое обилие кокков с активным в этот период продуцированием фитопланктоном органического вещества [Байтаз и др., 1996; Широколюбова, Венгер, 2008; Венгер, 2011].

Значения общей биомассы бактериопланктона варьировали в пределах от 0,17 до 0,47 мг/л, общей численности – от 425 до 964 тыс. кл./мл; при этом зафиксировано увеличение показателей по направлению от предпроливья к Таганрогскому заливу. Существенных отличий в вертикальном распределении морфологических групп бактерий выявлено не было, что косвенно свидетельствует об относительно равномерном распределении легкоокисляемого органического вещества в водной толще.

Однако метагеномный анализ маркерных таксонов бактерий показал отчетливую дифференциацию микроорганизмов на сообщества поверхностного и придонного горизонтов. При этом таксономическое разнообразие было выше в придонном горизонте [Матишов и др., 2013].

Подводя итог, необходимо отметить, что благодаря комплексному применению различных методов исследования бактериопланктона были получены данные о реальном уровне биологического разнообразия микроорганизмов Азовского моря. Важно и то, что несмотря на мелководность, неполносоленость, эвтрофность и другие особенности изучаемого водоема структура бактериального сообщества характеризует микробиом Азовского моря как типично морской [Матишов и др., 2013, 2015]. Высокие показатели численности и биомассы различных морфологических групп бактерий в планктоне, значительно превышающие подобные количественные характеристики в других водоемах Мирового океана [Студеникина и др., 2002; Ковальчук и др., 2015], свидетельствуют об интенсивности и сбалансированности микробиологических процессов биодеградации как легкоокисляемого органического вещества, так и высокомолекулярных соединений.

Однако в рамках одной экспедиции полностью ответить на вопросы, касающиеся функционирования водных экосистем и антропогенных воздействий на них, невозможно. Поэтому для их решения необходимы дальнейшие комплексные исследования, в задачу которых должны входить анализ экологических факторов, влияющих на пространственную дифференциацию микробиома, изучение его сезонной динамики и роли в трансформации органического вещества и энергии в Азовском море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Байтаз В.А., Байтаз О.Н., Мишустина И.Е. Морфометрия клеток, численность и биомасса основных морфологических групп бактериопланктона Баренцева моря // *Океанология*. 1996. Т. 36. № 6. С. 883–887.

Буткевич В.С. О бактериальном населении Каспийского и Азовского морей // *Микробиология*. 1938. Т. 7. № 9–10. С. 1005–1021.

Венгер М.П. Бактериопланктон северо-восточной части Баренцева моря // *Вестник ЮНЦ*. 2011. Т. 7. № 4. С. 55–60.

Жукова А.И. Распределение и биомасса микроорганизмов в Азовском море // *Микробиология*. 1959. Т. 28. № 3. С. 407–413.

Жукова А.И. Роль микроорганизмов в продуктивности Азовского моря // *Тр. Океанографической комиссии.* 1960. Т. 10. № 4. С. 17–22.

Иванов М.В. Метод определения продукции бактериальной биомассы в водоеме // *Микробиология.* 1955. Т. 24. № 1. С. 79–89.

Игнатьев С.М. Удивительный морской водоем // *Природа*. 2001. № 5. URL: http://vivovoco.ibmh.msk.su/vv/journal/nature/05_01/blacksea.htm

Книпович Н.М. Работы Азовской научно-промысловой экспедиции в 1922–1924 гг. // *Тр. Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции.* 1926. Вып. 1. С. 3–64.

Ковальчук Ю.Л., Карпов В.А., Ильин И.Н. О связи концентрации бактериопланктона с температурой воды в акваториях Мирового океана // *Международный научный институт «Educatio». Биол. науки.* 2015. Т. VII. № 14. С. 137–139.

Матишов Д.Г., Андронов Е.Е., и др. Анализ таксономической и пространственной структуры микробиома Азовского моря с использованием высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16s рРНК // *Молекулярно-генетические подходы в таксономии и экологии*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 58.

Матишов Д.Г., Стахеев В.В., и др. Метагеномный анализ структуры бактериального сообщества Азовского моря // *Океанология.* 2015. Т. 55. № 5. С. 770–775.

Морозова М.А., Стрижанова Т.В., и др. Эколого-эпизоотологическая характеристика и микробиологический мониторинг воды и рыбы Таганрогского залива Азовского моря // *Экология.* 2012. № 6. URL: http://www.rusnauka.com/10_DN_2012/Ecologia/6_106594.doc.htm

Острогская Н.А. *Взаимоотношения фитопланктона и бактерий в Азовском море*: дипломн. работа. М., 1956. 32 с.

Сазыкин И.С. *Роль процессов свободнорадикального окисления в микробиологической деградации нефти*: автореф. … канд. биол. н. Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2012. 24 с.

Студеникина Е.И., Толоконникова Л.И., Воловик С.П. *Микробиологические процессы в Азовском море в условиях антропогенного воздействия.* М.: Нацрыбресурсы, 2002. 168 с.

Толоконникова Л.И. *Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества в Азовском море*: дис. … канд. биол. н. Ростов н/Д, 1983. 215 с.

Толоконникова Л.И. Сезонные и годовые ритмы численности бактериального населения Азовского моря // *Биология моря.* 1987. № 4. С. 25–30.

Толоконникова Л.И., Гапонова Ю.Н. Исследование бактериопланктона Азовского моря методом эпифлюоресцентной микроскопии // *Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна*: Сб. науч. тр. (1998–1999 гг.). Ростов н/Д: БКИ, 2000. С. 39–47.

Трусова М.Ю. *Идентификация видового состава и изучение сезонной динамики бактериопланктона малых эвтрофных водохранилищ методами молекулярной генетики*: автореф. дис. … канд. биол. н. Красноярск: КГТУ, 2004. 24 с.

Широколюбова Т.И., Венгер М.П. Состав бактериопланктона эстуарной зоны Баренцева моря // *Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия*. Вологда, 2008. С. 123–125.

Цыбань А.В., Домчинская Т.В. Сапрофитная микрофлора Азовского моря // *Гидробиологический журнал*. 1974. Т. 10. № 4. С. 5–13.

Экологический атлас Азовского моря / гл. ред. академик Г.Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.

Doronina N.V., Tourova T.P., Trotsenko Y.A. *Methylarcula marina* gen. nov., sp. nov. and *Methylarcula terricola* sp. nov.: novel aerobic, moderately halophilic, facultativelymetylotrophic bacteria from coastal saline environments. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2000. Vol. 50. P. 1849–1859.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ ВОД ЧЁРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ СЪЕМОК ЮНЦ РАН

К.С. Григоренко[1], С.М. Хартиев[2], А.Н. Соловьев[3], А.А. Соловьева[4]

[1] Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

[2] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

[3] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

[4] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

klim_grig@mail.ru

Морское экспедиционное океанографическое оборудование Южного научного центра РАН позволяет проводить подробные и детальные съемки морских акваторий с высокой дискретностью измерений, а привлечение для решения задач по расчету кинематических характеристик внутренних волн современных методов программирования и математического моделирования, реализованных в различных программных пакетах, о которых будет сказано ниже, позволили выполнить подробное изучение режима внутренних волн в северо-восточной части Чёрного моря в летний и осенний периоды 2011 г. Экспедиции были проведены на научно-исследовательском судне «Денеб» с 15 июня по 4 июля и с 27 сентября по 21 октября. Общее количество обработанных станций составило 189 (рис. 1, 2). Изучение термохалинных характеристик водных масс проводилось с помощью океанографических CTD-зондов SBE-19 и SBE-19+V2. Полученные данные обрабатывались при помощи программного обеспечения фирмы-производителя зонда Sea-Bird Electronics Inc. Картографическая обработка данных проведена с помощью программного геоинформационного пакета ArcGIS.

Экспедиционные данные ЮНЦ РАН позволяют проанализировать изменчивость плотностной стратификации вод северо-восточной части Чёрного моря более подробно, в сравнении с работой [Букатов и др., 2012]. Рассмотрим два рядом расположенных океанографических разреза, прикерченский и прианапский (станции 24–29 и 30–35 летом и 58–63 и 64–68 соответственно, рис. 3–4). В июне зафиксирован весенне-летний тип стратификации с хорошо прогретым верхним квазиоднородным слоем над сезонным пикноклином и слабое расслоение толщи в районе основного. Абсолютные значения частоты Вяйсяля – Брента в сезонном пикноклине достигают 30–35 цикл/ч, в основном – 12–13 цикл/ч. Сезонный пикноклин залегает на глубинах до 5–20 м, что объясняется интенсивным прогревом поверхности моря и слабым волновым перемешиванием. Результаты сентябрьской экспедиции показывают, что в этой время наблюдается ослабление пикноклина сезонного и развитие основного. Частота Вяйсяля – Брента в сезонном пикноклине достигает 25 цикл/ч, сезонный пикноклин опускается на 10–15 м, и становится заметным перестроение водных масс в соответствии с изменяющимися внешними факторами [Тужилкин, 2008].

В сезонном слое скачка наблюдаются максимальные градиенты плотности, им соответствуют максимумы частоты Вяйсяля – Брента, и в этом слое образуются наиболее интенсивные внутренние волны, фиксируемые различными методами. Более высокие значения величины максимума частоты Вяйсяля – Брента и меньший разброс его залегания в июне позволяют говорить о более устойчиво стратифицированной водной массе по сравнению с сентябрьской.

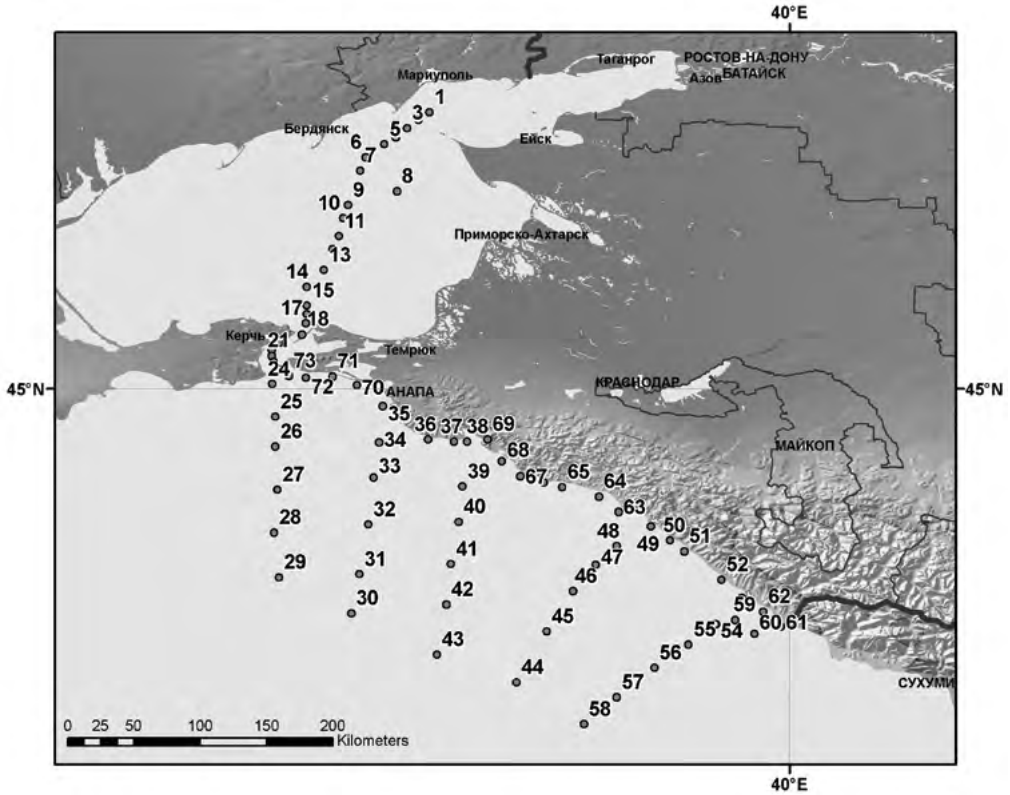


Рис. 1. Схема расположения гидрологических станций во время экспедиции НИС «Денеб» с 15 июня по 4 июля 2011 г.

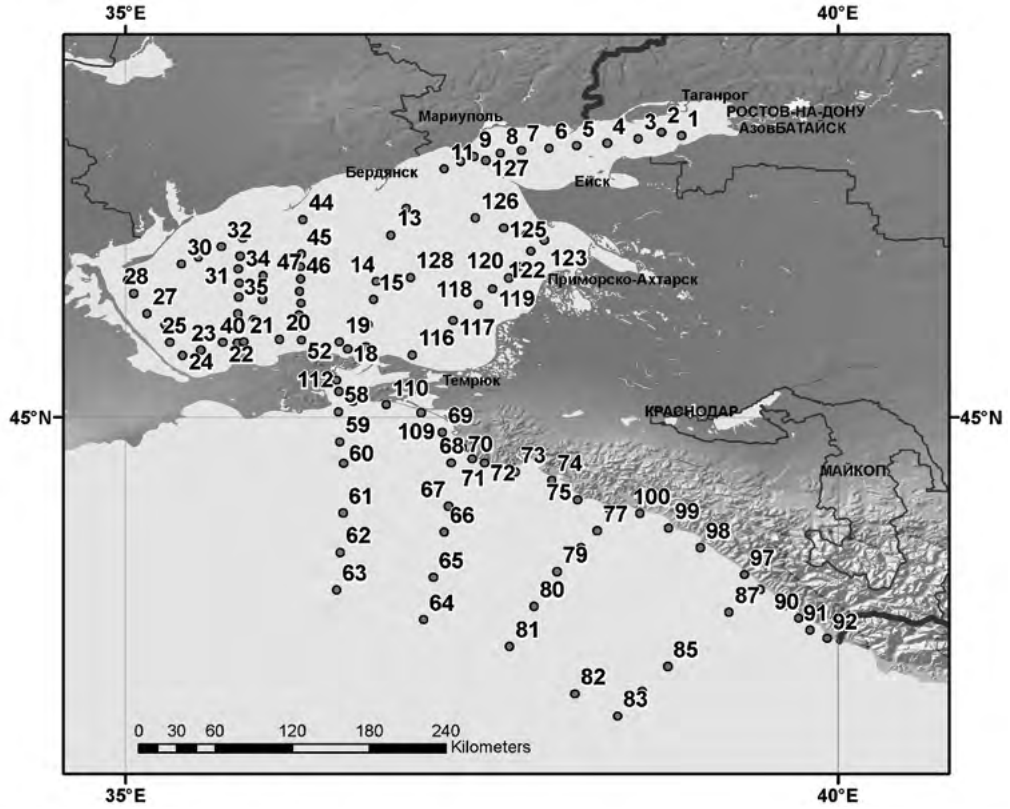


Рис. 2. Схема расположения гидрологических станций во время экспедиции НИС «Денеб» с 27 сентября по 21 октября 2011 г.

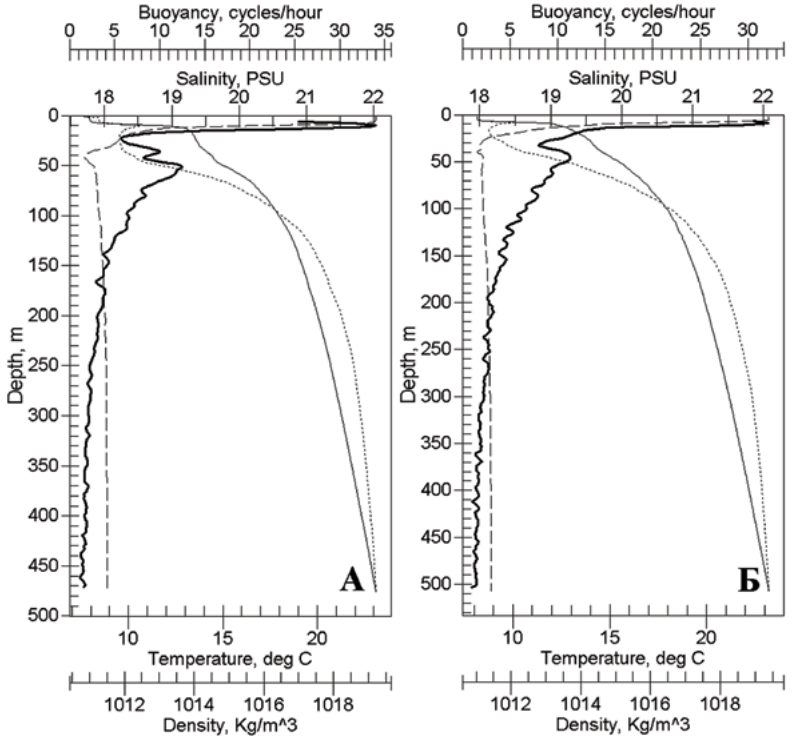


Рис. 3. Распределение квадрата частоты Вяйсяля – Брента для станций № 29 (А), № 30 (Б) в летний период

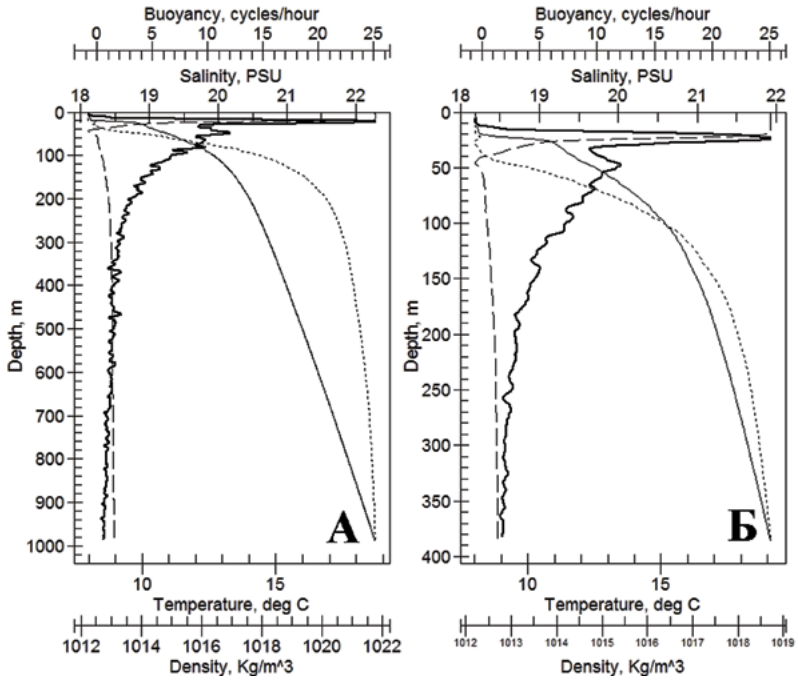


Рис. 4. Распределение квадрата частоты Вяйсяля – Брента для станций № 63 (А), № 64 (Б) в осенний период

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Букатов А.Е., Бабий М.В., и др. Пространственно-временная изменчивость частоты плавучести, вертикальной структуры свободных внутренних волн и температуры поверхности Чёрного моря // *Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Чёрного моря* / под ред. В.Н. Еремеева, С.К. Коновалова; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. Севастополь, 2012. С. 126–143.

Тужилкин В.С. *Сезонная и многолетняя изменчивость термохалинной структуры вод Чёрного и Каспийского морей и процессы ее формирования*: дис. … д-ра геогр. наук М., 2008. 314 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ДИСТАНЦИОННОЙ ФЛЮИДОИНДЕКСАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ (на примере Гыданского залива)

Д.Б. Давыденко

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
davyd@ssc-ras.ru

Существующие в настоящее время технические возможности сейсморазведки пока не позволяют проследить единым профилем структурно-тектонические элементы в регионах, включающих как акваторию заливов, так и прилегающие площади суши. Необходимость таковых исследований становится достаточно значимой в тех случаях, когда изучение или шельфа или сухопутных площадей существенно затруднено по каким-то причинам (ландшафтно-климатическим, техническим и т.п.). В арктических регионах подобные ситуации могут возникать достаточно часто. Решение подобной задачи (выявление и непрерывное прослеживание зон накопления углеводородов – УВ на трансграничных площадях суша – акватория) удалось осуществить с использованием метода дистанционной флюидоиндексации (МДФ).

Еще в 2003 году был разработан авторский алгоритм определения по спектрозональным космоснимкам количественной оценки степени отличия изображения ландшафтов в пределах проекции контура залежи углеводородов относительно ландшафтов за пределами этого контура [Давыденко, Финкельштейн, 2004], который является основой метода МДФ. Физическими предпосылками выявления залежей УВ по космоснимкам являются следующие факторы:

– существование вертикальной миграции (диффузии и фильтрации) флюидов УВ из залежи к дневной поверхности (доказано работами В.А. Соколова и его последователей как в России, так и за рубежом) [Зорькин и др., 2000];

– в результате указанного процесса возникают в породном комплексе надпродуктивного интервала разреза преобразования, включающие литохимические, гидрохимические, минералогические и микробиологические изменения, а также возникают вторичные геохимические аномалии и аномалии физических свойств, объединяемые нами под общим названием углеводородопродуцируемые аномалии (УВПА);

– самой важной для МДФ разновидностью УВПА являются изменения параметров отражательной способности ландшафтной среды над залежью УВ, которые проявляются на космических снимках в виде своеобразного сочетания аномальных значений яркости изображения в различных зонах спектра отраженного солнечного излучения.

Возникшие различия не воспринимаются человеческим глазом, а фиксирование их спектрозональными космическими съемками и является физической предпосылкой поиска залежей УВ по космоснимкам. Таким образом, наличие аномальных яркостей в определенных зонах спектра (по данным зональных космоснимков) позволяет идентифицировать площади (участки), в пределах которых сформировались УВПА. Основой МДФ является набор математических модулей, обеспечивающих вычисление индекса, определяющего для каждой элементарной площадки анализируемого региона степень «аномальности» УВПА (степень насыщения площадки флюидами УВ). Указанное определило название используемой технологии как метод дистанционной флюидоиндексации (оценка по дистанционным съемкам индекса флюидонасыщения (ИФ)) [Давыденко, Финкельштейн, 2004; Давыденко, 2011а].

На первых же этапах расчетов ИФ было установлено, что различаются математические зависимости вычисления ИФ для газообразных (легких) углеводородов – ИФЛ и жидких

(тяжелых) – ИФТ. Получаемые результаты расчетов оформляются в виде карт изолиний ИФЛ, ИФТ. Кроме детального прогноза залежей УВ по аномалиям ИФ разработан также вариант регионального прогнозирования для выявления зон и ареалов нефтегазонакопления.

Опробование нового метода на территориях и акваториях Юга России были начаты в 2004 г. и продолжаются (с различной направленностью) по настоящее время. Полученные результаты этих исследований подтвердили способность обнаруживать залежи УВ с высокой степенью достоверности. Характеризуя МДФ в целом, следует подчеркнуть, что он ориентирован на обнаружение аномального оптического эффекта, связанного непосредственно с залежами УВ, чем принципиально отличается от других методов, предназначенных для обнаружения только структур и ловушек. Возможность диагностирования отдельно легких и отдельно тяжелых УВ, относительно малая затратность, высокая оперативность и экологичность – все это обеспечивает МДФ определенную привлекательность и позволяет использовать его при решении задач поисков залежей УВ, а также нефтегазогеологического районирования территорий и акваторий как отдельно, так и в комплексе с другими поисково-разведочными методами [Давыденко, 2006, 2009, 2011, 2011б].

В 2009 г. в опытном порядке были проведены работы с использованием МДФ на площадях в пределах арктической зоны. Указанные работы являлись совместными исследованиями ЮНЦ РАН и ФГУ НПП «Севморгео» [Матишов, 2010]. Целью этих исследований было получение оценки возможности применения новой технологии в геологических и ландшафтных условиях (вечная мерзлота как возможный экран для миграции флюидов УВ из залежи к дневной поверхности; низкие температуры воды в заливе; крайне низкая расчлененность и широкое развитие озер), существенно отличающихся от характерных для южных окраин Восточно-Европейской платформы. А основной задачей описываемых исследований являлось получение региональной оценки нефтегазоперспективности анализируемых площадей. Для проведения МДФ выбрано южное окончание акватории Гыданского залива (рис. 1), изучение которого на тот момент времени только начиналось (комплексные сейсморазведочные и геохимические работы). Площади исследования расположены в пределах северо-восточной части Западносибирской плиты. В глубинном разрезе региона участвуют домезозойский складчатый комплекс и кристаллический архей-протерозойский фундамент. Осадочный чехол сложен литолого-стратиграфическими комплексами от нижнетриасового (рифтового) до верхнемелового – кайнозойского. Нефтегазоперспективные объекты прогнозируются (по результатам выполненных в тот период работ) на различных стратиграфических уровнях (наибольшая концентрация в юрском и меловом комплексах) [Иванов, 2011].

Работы с использованием МДФ осуществлялись (рис. 1) по двум лентообразным профилям, оба из которых начинались от участков месторождений, выявленных ранее по результатам геологоразведочных работ. В качестве таковых была использована информация по месторождению Утреннее (газонефтяное) и месторождению Ладертойское (газоконденсатное). Оба месторождения расположены на значительных расстояниях от залива (рис. 1). Эти известные месторождения использовались как эталонные объекты, наличие которых необходимо при опробовании МДФ в новых условиях. Результаты тестирования МДФ на указанных месторождениях оказались достаточно приемлемыми, что позволило выполнить планируемые исследования. Полученные при этом результаты представлены на рисунке 1.

Аномалии индекса флюидонасыщения по обоим профилям достаточно дифференцированы (рис. 1). Наличие четко выраженных градиентов обеспечивает оконтуривание и прослеживание зон газонакопления. В результате анализа полученных материалов здесь намечена (рис. 1) крупная зона газонакопления (не исключено, что при дальнейшей детализации она разделится на две сближенных, западную и восточную, зоны). Достаточно близкой явля-

ется и оценка перспектив этих площадей, полученная по результатам комплекса сейсморазведочных и геохимических исследований [Иванов, 2011].

По результатам расчетов ИФЛ и ИФТ (последние тоже были рассчитаны, но в данной публикации не рассматриваются) намечена зона газонефтенакопления на западе площади исследований (рис. 1). Отсутствие данных о нефтегазогеологическом районировании региона не представляет возможности выполнить сопоставление этого прогнозируемого регионального объекта с оценкой нефтегазоносности по материалам разведочных работ.

Результаты комплексных геохимических исследований, выполненных специалистами ФГУ НПП «Севморгео», в целом подтверждают информативность применения метода дистанционной флюидоиндексации и разработанной на его основе технологии зонального прогноза нефтегазоносности мелководного шельфа Карского моря. Следует дополнительно отметить, что опыт работ по применению МДФ в последующие годы (после 2010 г.) позволяет предполагать возможность повышения эффективности применения МДФ на площадях арктических регионов. Это относится в основном к сухопутным площадям, где в условиях существенно пониженного атмосферного давления могут наблюдаться заметные изменения фона флюидонасыщения в связи с изменениями абсолютных отметок земной поверхности (с увеличением отметок понижается атмосферное давление и увеличивается фон). Подобное явление в южных широтах было зафиксировано на площадях Северного Кавказа.

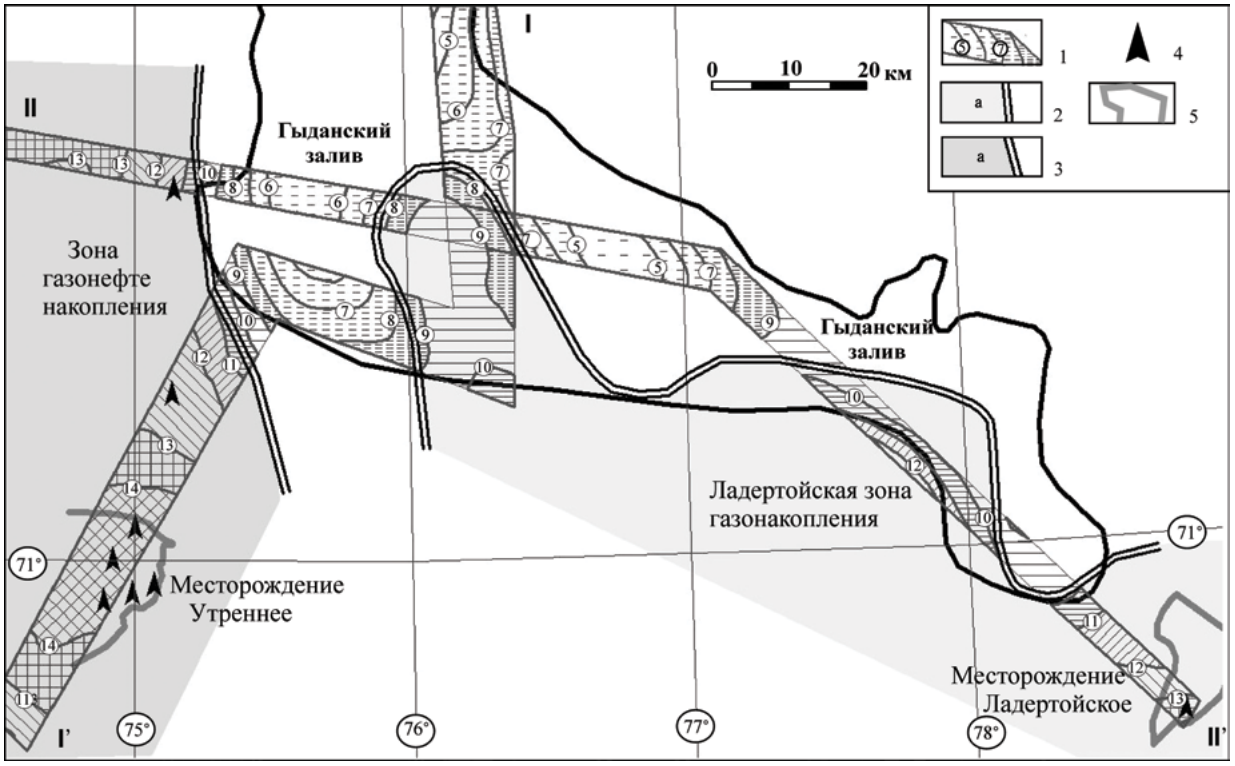


Рис. 1. Профили (лентообразные) изолиний индекса флюидонасыщения легкими УВ и выделение зон нефтегазонакопления в пределах южной части Гыданского залива и на прилегающих площадях: 1 – изолинии ИФЛ вдоль профилей **I-I'** и **II-II'** (значения изолиний в баллах показаны в кружках); 2, 3 – границы и прогнозируемые площади (а) зон накопления УВ (2 – газонакопления, 3 – газонефтенакопления); 4 – положение поисково-разведочных скважин на нефть и газ; 5 – прогнозируемые по геологоразведочным работам контуры установленных месторождений УВ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Давыденко Д.Б., Финкельштейн М.Я. Прогнозирование нефтегазоносности по многоспектральным космоснимкам в среде ГИС ИНТЕГРО // *Геоинформатика.* 2004. № 1. С. 41–49.

Давыденко Д.Б. Прогнозирование нефтегазоносности Восточного Приазовья по результатам спектрально-ландшафтной фильтрации многозональных космических снимков // *Труды Южного научного центра. Т. I: Геология*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 283–297.

Давыденко Д.Б. Зоны газонакопления района Таганрогского залива и возможное влияние их на экосистему // *Геология, география и экология океана*: мат-лы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (8–11 июня 2009 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 85–88.

Давыденко Д.Б. Раздельное прогнозирование зональности нефтегазонакопления методом дистанционной флюидоиндексации // *Доклады Академии наук.* 2011а. Т. 438. № 1. С. 70–75.

Давыденко Д.Б. Новая нефтеперспективная область на южном склоне Воронежской антеклизы // *Доклады Академии наук*. 2011б. Т. 439. № 2. С. 221–225.

Зорькин Л.М., Стадник Е.В., Лаутенбах Е.А. Нефтегазопоисковая геохимия – вехи развития // *Геоинформатика*. 2000. № 3. С. 83–89.

Иванов Г.И., и др. Оценка перспектив нефтегазоносности Гыданской губы по результатам комплексной геохимической съемки // *Разведка и охрана недр*. 2011. № 10. С. 39–43.

Матишов Г.Г., Иванов Г.И., и др. Прогнозирование нефтегазоносности мелководного шельфа и прилегающих земель по многоспектральным космоснимками // *Сборник материалов 10-го Петербургского Международного форума ТЭК.* СПб.: Химиздат, 2010. С. 127–131.

РАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ ПЛАНКТОНА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В.Г. Дворецкий, А.Г. Дворецкий

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
vdvoretskiy@mmbi.info

В работе на основе опубликованных источников и наших наблюдений [Тимофеев, 2000; Дворецкий, Дворецкий, 2010a, б, 2013; Dvoretsky, Dvoretsky, 2009a, b, 2010a, b, 2011, 2012a, b, 2013a, b, c] проведен анализ таксономического состава организмов, которые могут встречаться в зоопланктонных пробах. Дополнительно представлены данные о размерных характеристиках, географическом распространении, предпочитаемых биотопах и экологических особенностях зоопланктеров.

Для удобства все Баренцево море было условно разделено на географические районы, которые в первом приближении отражают распределение основных водных масс [Дворецкий, Дворецкий, 2015]: 1) южный (мурманские прибрежные воды), 2) юго-западный (прибрежные и атлантические воды), 3) западный (атлантические воды), 4) юго-восточный (прибрежные печорские воды), 5) восточный (новоземельские прибрежные воды), 6) центральный (атлантические и трансформированные атлантические воды), 7) северный район (арктические воды), 8) северо-восточный (арктические и карскоморские воды). В качестве материала было использовано более 500 проб, отобранных в Баренцевом море в 1999–2012 гг., а также литературные данные [Дворецкий, Дворецкий, 2015]. Все таксоны были разделены на следующие категории [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]:

1) по размерному критерию: а) микрозоопланктон (общая длина тела менее 0,3 мм); б) мезозоопланктона (0,3–5 мм), макрозоопланктон (>5 мм);

2) по продолжительности жизненного цикла в виде планктона: а) голопланктон (постоянно живущие в пелагиали); б) меропланктон (проводящие только часть жизни в пелагиали); в) псевдопланктон, или тихопланктон (организмы, редко встречающиеся в составе пелагических сообществ) [Raymont, 1983];

3) по предпочитаемым местообитаниям: а) пелагические (обитающие в водной толще) или бентопелагические (донные животные, которые иногда могут встречаться в планктонных пробах); б) неритические (обитающие в прибрежной зоне или в пределах континентального шельфа) или океанические (виды открытых вод моря). В ряде случаев очень сложно классифицировать таксоны по данным категориям, например, личинки некоторых декапод, амфиподы-гипериды, эвфаузииды могут быть отнесены к прибрежным или океаническим видам, а некоторые мизиды к пелагическим или бентопелагическим организмам, в нашем случае мы относили животных к той категории, которая наилучшим образом отражала предпочитаемый биотоп; в) морские (встречающиеся в водах соленостью более 30 psu); г) пресноводные (встречающиеся в водах соленостью менее 0,5 psu); д) эстуарные (встречающиеся в водах соленостью 0,5–30 psu);

4) по частоте встречаемости в проанализированных пробах: а) редкие (менее 10–20 %); б) частые (20–80 %); в) массовые (более 80 %);

5) по географическому распространению (южные, северные и т.д. – по максимальной встречаемости);

6) по трофической характеристике: а) всеядные; б) хищные; в) растительноядные;

7) по зоогеографическому критерию: а) бореальные; б) арктические; в) бореально-арктические; г) космополиты; д) тепловодные (тропические или субтропические).

Обзор опубликованных данных, дополненный нашими исследованиями, позволяет говорить о наличии в составе зоопланктона Баренцева моря не менее 422 таксономических единиц животных, которые в той или иной мере могут обнаруживаться в планктонных

пробах. Список видов, родов и более высоких таксономических категорий Баренцева моря включает в себя значительную часть (более 70 %) видов зоопланктеров, зарегистрированных в арктических морях.

Многоклеточные организмы составляют более 85 % [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b; Dvoretsky, Dvoretsky, 2012a]. Среди них наибольшего разнообразия достигают ракообразные (263 таксона, 62,3 %), далее располагаются кишечнополостные (40 таксонов, 9,5 %), коловратки (23 таксона, 5,5 %), на долю оставшихся групп (гребневики, крылоногие моллюски, аппендикулярии, щетинкочелюстные и прочие) приходится 36 таксонов (9,4 %) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b; Dvoretsky, Dvoretsky, 2012a]. Протозоопланктон (60 таксонов, 14,2 % от общего количества таксонов зоопланктона) представлен в основном цилиатами. Среди ракообразных лидирующее положение занимают копеподы (57,8 %), кладоцеры (8,4 %), декаподы (9,5 %), мизиды (8,0 %).

Гидробионты с размерами тела 0,5–3 мм (мезозоопланктон) доминируют в составе животного населения (228 таксонов, 54,0 % от общего числа таксонов или 63,0 % от общего числа таксонов многоклеточных животных). Среди них наиболее широко представлены ракообразные (202 таксона) и кишечнополостные (12 таксонов) [Дворецкий, 2013; Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b; Dvoretsky, Dvoretsky, 2012a]. Крупные организмы (макрозоопланктон) насчитывают 111 таксонов (26,3 % и 30,7 %, соответственно). Наиболее массовые группы – Crustacea (61 таксон), Cnidaria (28 таксонов) и Chaetognatha (8 таксонов). Мелкие формы (микрозоопланктон) включают 83 таксона (19,7 %): Protozoa (60 таксонов), Rotatoria (23 таксона) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b; Dvoretsky, Dvoretsky, 2012a].

К истинно пелагическим можно отнести 314 таксонов (74,4 % и 86,7 %, соответственно) всех зоопланктеров [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b], остальные в большей или меньшей степени связаны с дном. Бентопелагические животные представлены в основном копеподами-гарпактицидами (54 вида), циклопоидами (10 видов) и мизидами (21 вид).

Голопланктонные организмы (240 таксонов, 56,9 % от общего количества и 66,3 % от числа многоклеточных) доминируют в составе зоопланктона. Псевдопланктонные формы (105 таксонов, или 24,9 % и 29,0 %, соответственно) включают гарпактицид (54 вида), фораминифер (9 видов), остракод (6 видов), а также некоторых циклопоид, амфипод, мизид, изопод и кумовых ракообразных [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Меропланктон (77 таксонов) представлен в основном гидромедузами (Cnidaria, 32 вида), а также личинками донных беспозвоночных (Decapoda, Echinodermata, Polychaeta и пр.) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Фауна прибрежных видов (293 таксона, 69,4 % от общего количества таксонов) гораздо богаче по сравнению с океаническими представителями (129 таксонов, 30,6 %) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b].

Подавляющая часть планктонных животных (363 таксона, 86,0 %) представлена морскими видами. По меньшей мере 36 таксонов (8,5 %) являются типичными пресноводными, они изредка встречаются в небольших количествах в эстуарных биотопах, сюда относятся кладоцеры (20 видов), каляниды (8 видов) и циклопоиды (8 видов) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Оставшиеся 23 таксона (5,5 %) можно отнести к солоноватоводным представителям зоопланктона, кроме эстуариев их обнаруживают в пресноводных и морских местообитаниях. Таким образом, 386 таксонов (326 многоклеточных и 60 простейших) встречаются в соленых водах [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b].

Согласно полученным данным, подавляющая часть зоопланктонных представителей (358 таксонов, 84,8 %) редко встречается в планктонных пробах [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. На долю часто встречающихся зоопланктеров приходится 47 таксонов (11,1 %). Анализ наших проб свидетельствует о том, что зоопланктон в верхнем 100-метровом слое представлен редкими (94 из 157 таксонов, 60 %) и частыми (46 таксонов, 29 %) формами. Только 18 представителей таксонов разного ранга (4,1 %) могут считаться массовыми [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Среди них доминируют веслоногие ракообразные *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis*, *Calanus hyperboreus*, *Metridia longa*, *Acartia longiremis*, *Microcalanus pusillus*, *Pseudocalanus minutus*, *Temora longicornis*, *Oithona similis* и *Microsetella norvegica* [Дворецкий, Дворецкий, 2011, 2015]. Другие наиболее частые представители – личинки полихет, гастропод,

двустворчатых моллюсков и иглокожих, а также ветвистоусые ракообразные *Evadne nordmanni*, щетинкочелюстные *Parasagitta elegans* и аппендикулярии *Fritillaria borealis* [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b].

Южная часть Баренцева моря – наиболее богатый видами район, здесь можно встретить 317 таксонов (75,1 %), наиболее бедный район – восток моря, где выявлено 85 таксонов (20,1 %) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Западный и юго-западный районы сходны по общему числу видов (207 и 228 таксонов, соответственно). Чуть беднее юго-восточный и северный районы, где обитает 181 таксон (42,9 %) и 155 таксонов (36,7 %), соответственно [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. На северо-востоке (121 таксон, 28,7 %) таксономическое богатство несколько выше, чем на северо-западе (110 таксонов, 26,1 %) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b]. Наконец, центральный район моря отличается относительно невысоким видовым богатством (120 таксонов, 28,4 %) [Dvoretsky, Dvoretsky, 2010b].

Основу фауны зоопланктона составляют всеядные виды (325 таксонов), на долю хищников приходится около 15 % суммарного таксономического богатства (64 вида). Растительноядные формы (33 вида) менее всего представлены в составе фауны зоопланктонных сообществ.

Наконец, отметим, что по зоогеографическому критерию преобладают бореально-арктические животные, на долю которых приходится около половины видового богатства зоопланктона (198 таксонов). Также велика доля бореальных видов, которые составляют около трети всей фауны планктона (124 таксона). Арктические виды (57 таксонов) обеспечивают около 13 % разнообразия зоопланктона в Баренцевом море. Тепловодных видов немного – около 6 % (25 таксонов). Менее всего представлены космополиты – 18 таксонов (4,3 %).

В целом, можно сказать, что 314 таксонов зоопланктона могут быть отнесены к типичным обитателям пелагиали. Показано, что именно такие формы составляют основу планктона Мирового океана [Raymont, 1983]. Вместе с тем в арктических и некоторых умеренных морях мероплактон также может играть важную роль в функционировании пелагических экосистем, особенно в прибрежных зонах во время весеннего и летнего сезонов, когда временные формы составляют существенную часть суммарного обилия и биомассы зоопланктона [Raymont, 1983; Тимофеев, 2000]. Сообщества арктических и субарктических акваторий, как правило, отличаются количественным доминированием нескольких видов [Дворецкий, Дворецкий, 2014].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение зоопланктона Баренцева моря в августе 2006 г. // *Океанология*. 2010а. Т. 50. № 6. С. 964–972.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Распределение биомассы зоопланктона в Баренцевом море в 2007 г. // *Изв. ТИНРО*. 2010б. Т. 161. С. 162–171.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. *Биология и роль Oithona similis в зоопланктоне морей Арктики*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. 349 с.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Зимний зоопланктон юго-западной части Баренцева моря (март 2007 г.) // *Рыбное хоз-во*. 2013. № 2. С. 74–78.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Видовое разнообразие зоопланктонных сообществ западноарктических морей // *Биол. моря*. 2014. Т. 40. № 2. С. 108–112.

Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. *Экология зоопланктонных сообществ Баренцева моря и сопредельных вод*. СПб.: Реноме, 2015. 736 с.

Тимофеев С.Ф. *Экология морского зоопланктона*. Мурманск: Изд-во МГПИ, 2000. 216 с.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton distribution near Novaya Zemlya (Eastern Barents Sea). *Polar Biol*. 2009a. Vol. 32. P. 719–731.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton structure in the Pechora Sea (South-Eastern Barents Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2009b. Vol. 84. P. 11–20.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Mesozooplankton structure in Dolgaya Bay (Barents Sea). *Polar Biol.* 2010a. Vol. 33. P. 703–708.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Checklist of fauna found in zooplankton samples from the Barents Sea. *Polar Biol.* 2010b. Vol. 33. P. 991–1005.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Copepod communities off Franz Josef Land (Northern Barents Sea) in late summer of 2006 and 2007. *Polar Biol*. 2011. Vol. 34. P. 1231–1238.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Crustaceans of the Barents Sea: recent studies of Murmansk Marine Biological Institute. *Ber. Polarfosch*. 2012a. Vol. 640. P. 162–176.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Estimated copepod production rate and structure of mesozooplankton communities in the coastal Barents Sea during summer-autumn 2007. *Polar Biol*. 2012b. Vol. 35. P. 1321–1342.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Epiplankton in the Barents sea: Summer variations of mesozooplankton biomass, community structure and diversity. *Cont. Shelf Res.* 2013a. Vol. 52. P. 1–11.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Summer mesozooplankton community of Moller Bay (Novaya Zemlya Archipelago, Barents Sea). *Oceanologia.* 2013b. Vol. 55. P. 205–218.

Dvoretsky V.G., Dvoretsky A.G. Structure of mesozooplankton community in the Barents Sea and adjacent waters in August 2009. *J. Nat. Hist.* 2013c. Vol. 47: 31–32. P. 2095–2114.

Raymont J.E.G. *Plankton and productivity in the oceans. Vol. 2. Zooplankton*. Southampton: Pergamon Press, 1983. 824 p.

ПЕРВАЯ МАССОВАЯ НАХОДКА ЖИВЫХ ДИАТОМОВЫХ НА ГЛУБОКОВОДНОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Е.И. Дружкова, П.Р. Макаревич, А.А. Олейник

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
druzhkova@mmbi.info

Первично-продукционный потенциал арктических морских экосистем (в том числе арктических) формируется тремя компонентами: фитопланктоном, ледовыми водорослями и микрофитобентосом, который, по своей значимости, занимает в этом ряду далеко не последнее место. По современным оценкам, в арктических прибрежных водах продукция микрофитобентоса превосходит пелагическую составляющую как минимум в 1,5 раза [Glud et al., 2009], а по мнению некоторых исследователей [Cahoon, 1999], даже эта цифра является весьма заниженной (особенно для олиготрофных, в том числе арктических, вод), и более того, сами попытки адекватно оценить продукционный потенциал арктических акваторий будут оставаться весьма условными до тех пор, пока будет оставаться открытым вопрос о нижней границе распространения бентосных микроводорослей. Согласно сложившейся точке зрения устойчивое существование альгоценозов ограничивается компенсационной глубиной, которая для шельфовых морей составляет первые десятки метров, для океанических акваторий – до 100–130 м [Раймонт, 1983]. Между тем, существует ряд исследований, косвенно указывающих на присутствие функционирующих микроводорослей на глубинах до 2000 м [Cahoon et al., 1990; Cahoon, Cooke, 1992; Cahoon et al., 1994]. Однако прямое подтверждение подобных исследований было получено лишь единожды. В октябре 1984–1985 гг. при исследовании распределения хл А в осадочном слое залива Онслоу (США) на глубинах до 285 м было выявлено, что 80 % биомассы микроводорослей приходится на долю бентосных форм [Cahoon et al., 1990], там же в октябре 2003 г. были отобраны пробы донных осадков, в которых методом прямого микроскопирования были обнаружены 11 видов живых бентосных диатомовых, причем в своем исследовании авторы обосновывают их автохтонную природу [McGee et al., 2008].

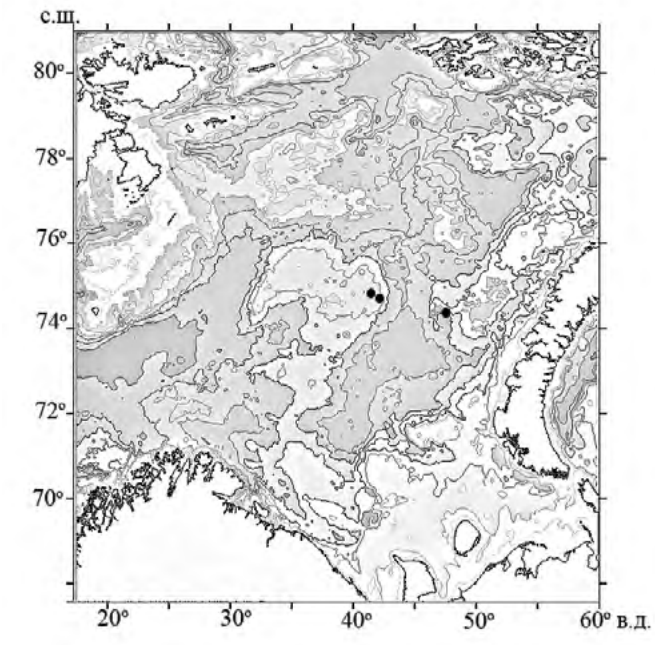


Рис. 1. Положение станций отбора проб в Баренцевом море, июнь 2015 г.

Таким образом, целью настоящей работы было исследование микрофитобентоса верхнего слоя осадков континентального шельфа Баренцева моря для определения нижней границы его распространения. Работы проводились летом 2015 г. в районе Центрального плато (рис. 1), на удалении 130–240 миль от ближайшего берега.

Были получены данные по качественному и количественному составу микроводорослей в верхнем слое грунта и прилегающей водной толще на трех станциях (глубина 170, 205 и 245 м). Пробы грунта (верхний слой ≈1 см) отбирались из дночерпателя Ван-Вина, пробы воды – батометром из поверхностного горизонта, слоя пикноклина (30 м), промежуточного (100 и 120 м) и придонного горизонтов,

и мелкоячейной (ячея 29×29 мкм) планктонной сетью из слоя 150–50 м. Учет микроводорослей проводился методом прямой микроскопии в счетных камерах.

В пробах грунта были идентифицированы живые клетки диатомовых водорослей (табл. 1), большая часть которых – массовые формы весеннего или летнего планктона, представленные в пробах споронесущими или вегетативными клетками.

Таблица 1. Параметры обилия микроводорослей в верхнем слое грунта (средние значения по трем станциям)

Таксон	Численность, кл./см^2	Биомасса, мкг/см^2
Amphiprora hyperborea	99	0,99
Chaetoceros contortus (споры)	13	0,01
Chaetoceros furcillatus (споры)	5233	2,62
Chaetoceros socialis (споры)	60 333	6,03
Fragilariopsis oceanica	33	0,01
Gyrosigma fasciola	365	2,85
Pleurosigma angulatum	67	0,53
***Pleurosigma* sp.1**	202	0,30
Pseudo-nitzschia seriata complex	13	0,01
Thalassiosira gravida (споры)	147	0,01
Centrales 15–20 мкм	160	0,16
Pennales <30 мкм	926	0,28
Pennales 30–50 мкм	3890	1,95
Pennales 50–60 мкм	186	0,19
Всего	71 667	15,9

Однако три вида пеннатных диатомей, *Gyrosigma fasciola, Pleurosigma angulatum* и *Pleurosigma* sp.1, были найдены только в пробах грунта и отсутствовали по всему вертикальному профилю пелагиали. С другой стороны, эти виды – широко распространенные и обычные представители литоральных альгоценозов [Кузнецов, Шошина, 2003; Макаревич, Дружкова, 2010]. Следует отметить, что аналогичная картина – отличие по таксономическому составу от планктонного, но сходство с литоральным сообществом микроводорослей – была описана при исследовании глубоководного микрофитобентоса североамериканского шельфа [Cahoon, Laws, 1993].

Таким образом, в бентали центральной части Баренцева моря обнаружено автохтонное сообщество микроводорослей, представляющее собой обедненный фрагмент арктических литоральных сообществ микрофитобентоса. Нижней границей распространения этого альгоценоза на баренцевоморском шельфе можно определить изобату не менее 245 м. Наличие функционирующих альгоценозов в донных биотопах позволяет допустить возможность стабильного существования микроводорослей и на аналогичных горизонтах пелагиали, а также дает основание усомниться в корректности общепринятого подхода к интерпретации находок планктонных микроводорослей на значительных глубинах как результату простого вертикального переноса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Киселев И.А. *Планктон морей и континентальных водоемов*. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 657 с.

Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. 308 с.

Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. *Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей*. Ростов н/Д: Изд-во Южн. науч. центра РАН, 2010. 280 с.

Раймонт Дж. *Планктон и продуктивность океана*. М.: Легкая и пищ. пром., 1983. 568 с.

Cahoon L.B. The role of benthic microalgae in neritic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 1999. Vol. 37. P. 47–86.

Cahoon L.B., Cooke J.E. Benthic microalgal production in Onslow Bay, North Carolina, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1992. Vol. 84. P. 185–195.

Cahoon L.B., Laws R.A. Bentic diatoms from the North Carolina continental shelf: inner and mid shelf. *J. Phycol.* 1993. Vol. 29. P. 257–263.

Cahoon L.B., Laws R.A., Thomas C.J. Viable diatoms and chlorophyll a in continental slope sediments off Cape Hatteras, North Carolina. *Deep-Sea Res.* 1994. Vol. 41. P. 767–782.

Cahoon L.B., Redman R.S., Tronzo C.R. Benthic microalgal biomass in sediments of Onslow Bay, North Carolina. *Estuar. Coast Shelf Sci.* 1990. Vol. 31. P. 805–815.

Glud R.N., Woelfel J., et al. Benthic microalgal production in the Arctic: applied methods and status of the current database. *Botanica Marina*. 2009. Vol. 52. P. 559–571.

Karsten U., Schlie C., et al. Benthic Diatoms in Arctic Seas – Ecological Functions and Adaptations. *Polarforschung.* 2011. Vol. 81. No 2. P. 77–84.

McGee D., Laws R.A., Cahoon L. B. Live benthic diatoms from the upper continental slope: extending the limits of marine primary production. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2008. Vol. 356. P. 103–112.

Tuchman N.C., Schollett M.A., et al. Differential heterotrophic utilization of organic compounds by diatoms and bacteria under light and dark conditions. *Hydrobiologia.* 2006. Vol. 561. P. 167–177.

О ПРИЛИВНЫХ И СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ ЧЁРНОГО МОРЯ

В.А. Иванов[1], А.Н. Лукьянова[1], А.В. Багаев[1], В.Б. Залесный[2]

[1] Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
[2] Институт вычислительной математики РАН, г. Москва, Россия
vaivanov@inbox.ru

Чёрное море является замкнутым бассейном, что обуславливает уникальность волновых процессов, формирующихся в нем. Источниками энергии могут выступать как локальные процессы: колебания атмосферного давления, неустойчивость течений, – так и внешние факторы, в частности, воздействие приливообразующих сил [Иванов, Белокопытов, 2011]. Внутренние волны на приливных частотах называют внутренними (или бароклинными) приливными волнами. Аналогично выделяются внутренние сейшевые колебания [Иванов, Янковский, 1992]. Обрушение внутренних волн – важный источник энергии турбулентности. Сложная картина бароклинных колебаний обусловлена большим расстоянием, на которое распространяются внутренние волны, что затрудняет выделение и идентификацию колебаний с помощью спектрального анализа. Дополнительные искажения вносит взаимодействие с мощными постоянными течениями и вихрями [Иванов, Янковский, 1992]. В результате когерентность наблюдаемых осцилляций может быть снижена. Оптимальным развитием современных работ, посвященных баротропным колебаниям поверхности моря, является сочетание методов численного моделирования и результатов натурных исследований. Такие работы, например, выполнялись в [Иванов, Багаев, 2014; Иванов и др., 2015а, б] для южного берега Крыма.

Задачей нашего исследования было изучение характеристик внутренних бароклинных колебаний в прибрежной зоне Чёрного моря. Основной инструмент – трехмерная численная σ-координатная модель, разработанная в Институте вычислительной математики (ИВМ) РАН. Она была дополнена блоком, вводящим в уравнения термогидродинамики океана лунную полусуточную приливную гармонику M_2 [Zalesny et al., 2016].

Модель основана на системе примитивных уравнений, записанных в сферической системе координат с учетом приближений гидростатики и Буссинеска [Zalesny et al., 2010]. Уравнения модели записываются в симметризованной форме [Залесный и др., 2013]. В численной реализации модели используются методы многокомпонентного расщепления по физическим процессам и геометрическим координатам, что существенно увеличивает экономичность расчетов [Марчук, 1977].

Расчетная область, аппроксимирующая акваторию Чёрного и Азовского морей, описана в [Zalesny et al., 2010]. По вертикали задается 40 неравномерно распределенных по глубине σ-уровней. Шаг расчета по времени – 5 минут. Топография дна, начальные и граничные условия приведены в [Zalesny et al., 2010]. Для расчета атмосферного воздействия в модели ИВМ РАН используется форсинг по данным CORE (GFDL's Data Portal) Проводились численные эксперименты сроком 4 месяца. Данные для первого численного эксперимента записывались для последнего месяца расчета каждые 3 часа, для второго – каждые 45 минут.

Эксперимент 1. Для анализа были выбраны три точки в южной части Чёрного моря на линии, перпендикулярной к берегу (табл. 1, рис. 1). Положение разреза для эксперимента 1 выбрано исходя из котидальных карт, в области максимальных амплитуд приливных отклонений уровня моря и наибольших амплитуд баротропных сейш [Иванов, Янковский, 1992]. Рассматривались значения кинетической энергии на глубине 75 м (основной пикноклин), по которым были построены спектры (рис. 2, 3).

Эксперимент 2. Выбраны 17 точек на прямой, перпендикулярной к берегу у Анатолийского побережья (рис. 1). Точки располагаются в диапазоне от (35,725° в.д., 41,77° с.ш.) до

(35,725° в.д.,42,41° с.ш.), расстояние между точками равно горизонтальному разрешению модели (~4 км). Разрез для эксперимента 2 был выбран в районе существования квазистационарного Кызылырмакского антициклона.

Период T = 12 ч для рис. 2–3 соответствует периоду приливной полусуточной гармоники M_2 (~12,4 ч), причем наибольшее значение спектральной амплитуды наблюдается в шельфовой станции 1. Периоды около 17 ч для станций 1–3 можно интерпретировать как инерционные колебания бассейна. 24-часовые колебания, обнаруженные для всех станций (эксперимент 1), могут соответствовать сейше с периодом T = 24 ч.

Таблица 1. Географические координаты и максимальные глубины исследуемых точек

№ точки	Долгота	Широта	Максимальная глубина, м
1	37,025° в.д.	41,41° с.ш.	120,539
2	37,225° в.д.	41,57° с.ш.	751,274
3	37,775° в.д.	42,01° с.ш.	1971,34

Станции 1, 2 и 3 в эксперименте 1 показали высокую (>0,8) когерентность в высокочастотной области и около инерционной частоты (15, 17 и 20 часов). Низкая когерентность колебаний на периоде 15 часов отмечена между точками 1 и 3.

Колебания в слое пикноклина на периоде около 15 часов могут быть интерпретированы как волны Пуанкаре: именно шельфовая станция 1 демонстрирует значение спектральной плотности энергии на периоде 15 часов выше верхней границы доверительного интервала и высокую когерентность с точкой 2. С расстоянием амплитуда затухает экспоненциально и потому не выражена на станции 3.

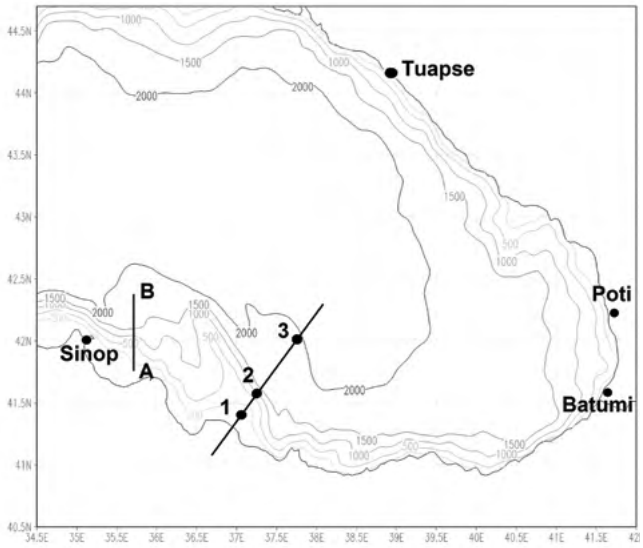


Рис. 1. Примерные положения рассматриваемых точек для эксперимента 1 (1 – область шельфа, 2 – континентальный склон, 3 – глубоководная часть Чёрного моря) и эксперимента 2 (точки расположены на отрезке AB). Изолиниями обозначены изобаты (в метрах)

Пространственное распределение кинетической энергии в эксперименте 2 на глубине 75 м отражает влияние мыса Синоп, таким образом, что станции средней части разреза имеют минимальные значения энергии. Такие колебания можно связать с меандрированием Основного Черноморского Течения, сопровождающимся усилением интенсивности Кызылырмакского вихря [Иванов, Белокопытов, 2009]. Анализ колебаний на разрезе 2 показал, что более долгопериодные колебания (>30 часов) захватывают всю длину разреза, а энергия короткопериодных колебаний сосредоточена в относительно узкой полосе шириной 15–20 км, расположенной на расстоянии около 50 км от берега.

В зоне шельфа также отмечено усиление интенсивности течений, возможно, связанное с образованием субмезомасштабных вихрей. При этом спектрограммы для станций с 4 по 12 на разрезе в эксперименте 2 (расстояние от берега около 30 до 50 км, максимальная глубина 500 м) демонстрируют интенсивные высокочастотные колебания в энергии течений, к концу апреля переходящие на субинерционные частоты.

Однако энергия колебаний на различных субинерционных частотах проявляет себя по-разному в разные дни месяца. Например, для периода 9 часов наибольшая интенсивность

отмечается на 3 неделе апреля на станциях с 1 по 8 (расстояние 15–45 км от берега). Для периода 12 часов, соответствующего бароклинному приливу, энергия максимальна на всех станциях разреза в начале месяца, а на второй неделе проявляется только на станциях 1–5 (до 30 км от берега). Колебания на локальном инерционном периоде (около 17 часов) проявляются на станциях 1–9, начиная со второй недели.

Эти данные позволяют измерить длины волн, приходящие на станции разреза: волна с периодом 9 ч и длиной 30 км; волна с периодом 12 ч и длиной 70 км; волна с периодом 17 ч и длиной 40 км.

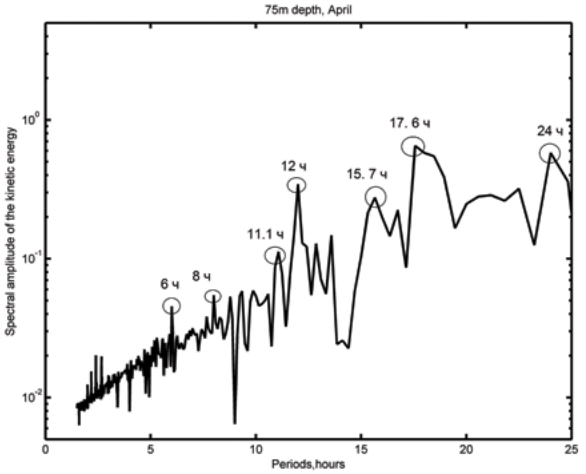


Рис. 2. Амплитудные спектры, построенные по значениям кинетической энергии для точки 1 (эксперимент 1), полулогарифмическая шкала

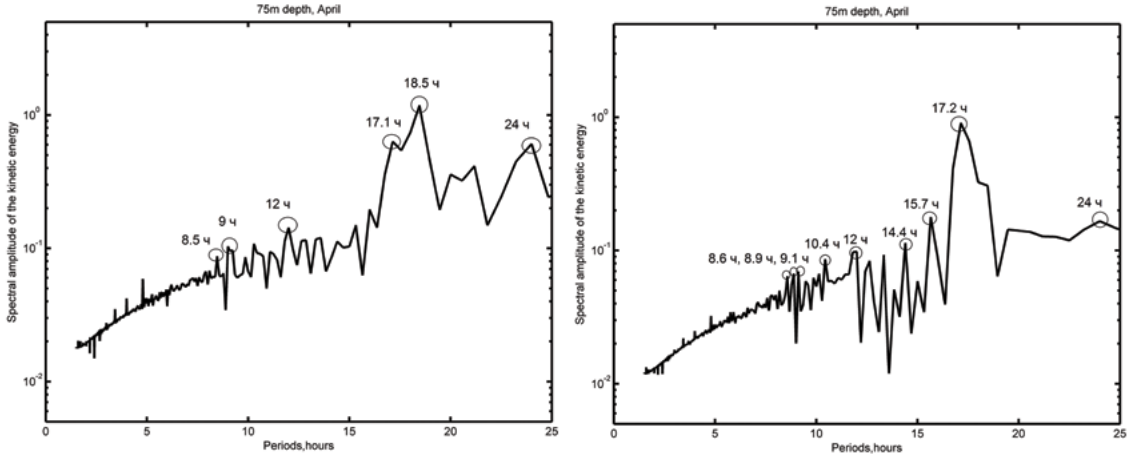


Рис. 3. Амплитудные спектры, построенные по значениям кинетической энергии для точки 2 (эксперимент 1) – слева; точки 3 – справа; полулогарифмическая шкала

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванов В.А., Багаев А.В., и др. Статистический анализ и численное моделирование осцилляций гидродинамических параметров моря в субинерционном диапазоне на шельфе Крыма // *Морской гидрофизический журнал*. 2015а. № 6. С. 61–76.

Иванов В.А., Багаев А.В., Зима В.В. Статистический анализ данных контактных измерений короткопериодной изменчивости параметров морской среды на шельфе Крыма в летний период // *Экология, экономика, информатика: сб. статей в 3 т. Т. 2: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем*. Ростов н/Д: Южный федеральный университет, 2015б. С. 569–580.

Иванов В.А., Багаев А.В. Осцилляции на шельфе и континентальном склоне, вызываемые нестационарным ветровым воздействием // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2014. Т. 50. № 6. С. 1–10.

Иванов В.А., Янковский А.Е. *Длинноволновые движения в Черном море.* Киев: Наукова думка, 1992. 112 с.

Иванов В.А., Белокопытов В.Н. *Океанография Черного моря.* Севастополь: МГИ НАНУ, 2011. 209 с.

Залесный В.Б., Гусев А.В., Мошонкин С.Н. Численная модель гидродинамики Чёрного и Азовского морей с вариационной инициализацией температуры и солености // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2013. Т. 49. № 6. С. 699–716.

Марчук Г.И. *Методы вычислительной математики.* СПб.: Лань, 2009. 608 с.

GFDL's Data Portal. URL: http://data1.gfdl.noaa.gov

Zalesny V.B., Diansky N.A., et al. Numerical model of the circulation of the Black Sea and the Sea of Azov. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling.* 2010. Vol. 25. No 6. P. 581–609.

Zalesny V.B., Gusev A.V., et al. Numerical modelling of sea currents and tidal waves. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling.* 2016. Vol. 31. No 2. P. 115–125.

О РОЛИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ АТОМНОГО ФЛОТА В ЗАГРЯЗНЕНИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (на примере хранилища радиоактивных отходов в губе Андреева)

Г.В. Ильин, И.С. Усягина, Д.В. Моисеев, Н.Е. Касаткина, Д.А. Валуйская

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
ilyin@mmbi.info

Развитие военного и гражданского морского атомного флота в конце 1950-х гг. привело к необходимости создания в инфраструктуре флота сети береговых баз хранения образующихся радиоактивных отходов (РАО). В арктической зоне эту задачу выполняют специализированные хранилища, созданные на Кольском полуострове в губах Андреева, Сайда, Червячная, на судоремонтных заводах «Нерпа», Филиал «35 СРЗ» и РТП «Атомфлот». Наиболее крупным и опасным объектом ядерного наследия на северо-западе стал Пункт временного хранения РАО в губе Андреева, на побережье Баренцева моря (ПВХ). За 50-летнюю историю работы хранилища в результате разного рода инцидентов – утечек, просыпей и пр., в почвенном покрове, в грунтах и грунтовых водах образовались очаги радионуклидного загрязнения. Самая крупная авария связана с разгерметизацией хранилища тепловыделяющих сборок и протечек воды из бассейнов в 1982 г. [Васильев и др., 2006].

Материковый сток с площадки хранилища разгружается в губы Андреева и Малая Андреева. Самый крупный водоток разгружается в губу Малая Андреева и определяет максимальный риск загрязнения морской среды. С морским прибрежьем губы связаны системой течений. Длительная эмиссия радиоизотопов и накопленная в морской среде радиоактивность определяют научный и общественный интерес и беспокойство за пределами Баренц-региона [Reistad et al., 2008; Sneve et al., 2014]. При этом исторических данных о режиме загрязнения моря в период работы хранилища в литературе крайне мало.

Цель проведенного исследования – оценить роль радиационно-опасного объекта в формировании радиоэкологических рисков в прибрежной зоне Кольского полуострова и влияние хронической эмиссии радиоизотопов на состояние морской среды.

Материалы и методы. Экспедиционные работы проведены в мае и октябре 2013 и 2014 гг., в периоды таяния снега и обильных атмосферных осадков. На литорали губ у периметра ПВХ и в прибрежье Баренцева моря (рис. 1) взяты пробы воды (слой 0–1 м) и донных осадков, включая грунтовые керны. В воде определена концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr. В донном осадке определено содержание α-, β- и γ-излучающих изотопов: ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{90}Sr, ^{152}Eu, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{239,240}Pu, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{238}U, ^{210}Pb.

Измерения активности γ- и α-излучающих радионуклидов в пробах выполнены на спектрометрах InSpector-2000 и “Model 7401” с детектором из чистого германия (“Canberra”, США). Анализ активности 90Sr проведен радиохимическим методом с окончанием на измерителе “LS-6500” (“Beckman”, США). Для определения возраста осадочного слоя и скорости осадконакопления использован метод датирования современных отложений по неравновесному ^{210}Pb [Алиев, Калмыков, 2013].

Загрязнение морской воды у периметра ПВХ характеризуется низкой концентрацией изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr. Даже в период активного снеготаяния активность ^{137}Cs в воде не превышала 10 Бк/м^3, а ^{90}Sr – 35–40 Бк/м^3 [Ильин и др., 2015]. Активность ^{90}Sr максимальна в водах губы Малая Андреева, благодаря стоку ручья, дренирующего территорию хранилища (рис. 2). Соотношение активности ^{137}Cs/^{90}Sr в воде губ в среднем равно 0,26.

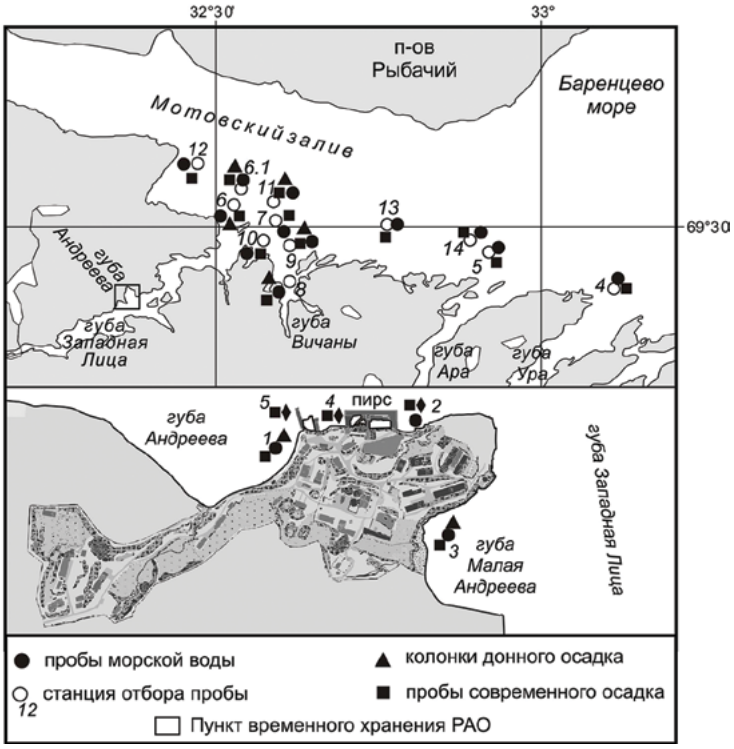


Рис. 1. Станции исследования и отбора проб в прибрежье Баренцева моря (август 2013 г.) и в губах Андреева, Малая Андреева (октябрь 2014 г.)

В Мотовском заливе объемная активность радионуклидов очень низкая (^{137}Cs – 1–2,5 Бк/м^3, ^{90}Sr – 1,5–7 Бк/м^3). Но в распределении изотопов отмечен устойчивый тренд снижения активности от устья губы Западная Лица на восток, к выходу в открытое море. Тренд особенно заметен в поле концентраций ^{90}Sr. По мере снижения роли стокового течения в водах залива изменяется соотношение ^{137}Cs/^{90}Sr в воде. В потоке эстуарных вод (ст. 10, 6, 7) оно составляет 0,25, как и в губах. В заливе близ устья, в плюме опресненных вод, соотношение возрастает (0,35–0,45). Далее к востоку оно увеличивается до 0,75. Трансформация соотношения связана с удалением от источника радионуклидов – стокового течения из губы Западная Лица.

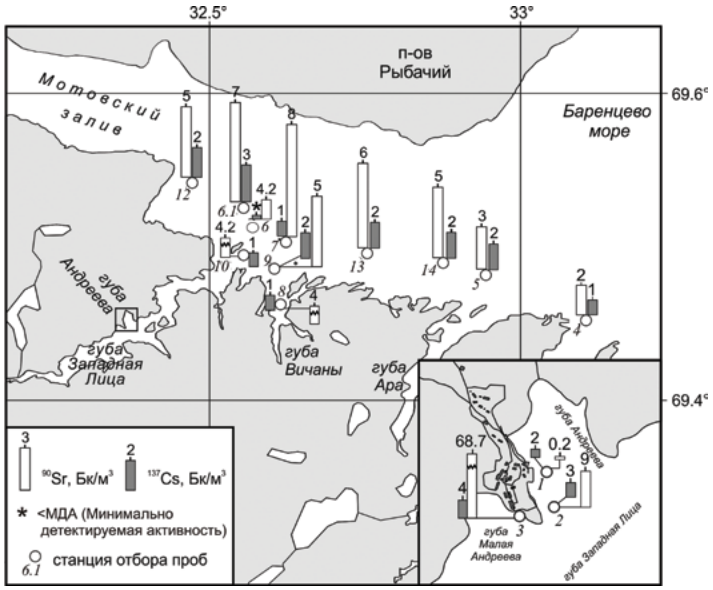


Рис. 2. Объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской воде

В донных осадках у периметра ПВХ содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr неоднородно (рис. 3). Отложения литорали сложены моренным материалом и хорошо промываются в приливо-отливном цикле. Однако на участках разгрузки грунтового стока в губе Малая Андреева (ст. 3) и у пирса (ст. 4) литоральные осадки имеют высокую концентрацию ^{137}Cs и ^{90}Sr. Высокая концентрация ^{137}Cs в отложениях (150–1000 Бк/кг сухого осадка) устойчиво сохраняется по профилю грунтовых колонок до горизонта 16 см как результат хронического загрязнения. Рост активности ^{137}Cs (>300 Бк/кг) происходит также у подножья литоральной отмели, на глубинах 10–15 м, где накапливаются жидкие илы. Таким образом, зона депонирования загрязненной радионуклидами терригенной взвеси находится ниже зоны осушки.

Напротив, в осадках Мотовского залива удельная активность ^{137}Cs (1–5 Бк/кг) и ^{90}Sr (0,1–2 Бк/кг) не выходит за рамки регионального фона Баренцева моря [Матишов и др., 2014; Ильин и др., 2015]. Распределение этих изотопов не имеет устойчивых пространственных тенденций. Соотношение ^{137}Cs/^{90}Sr изменчиво (рис. 3).

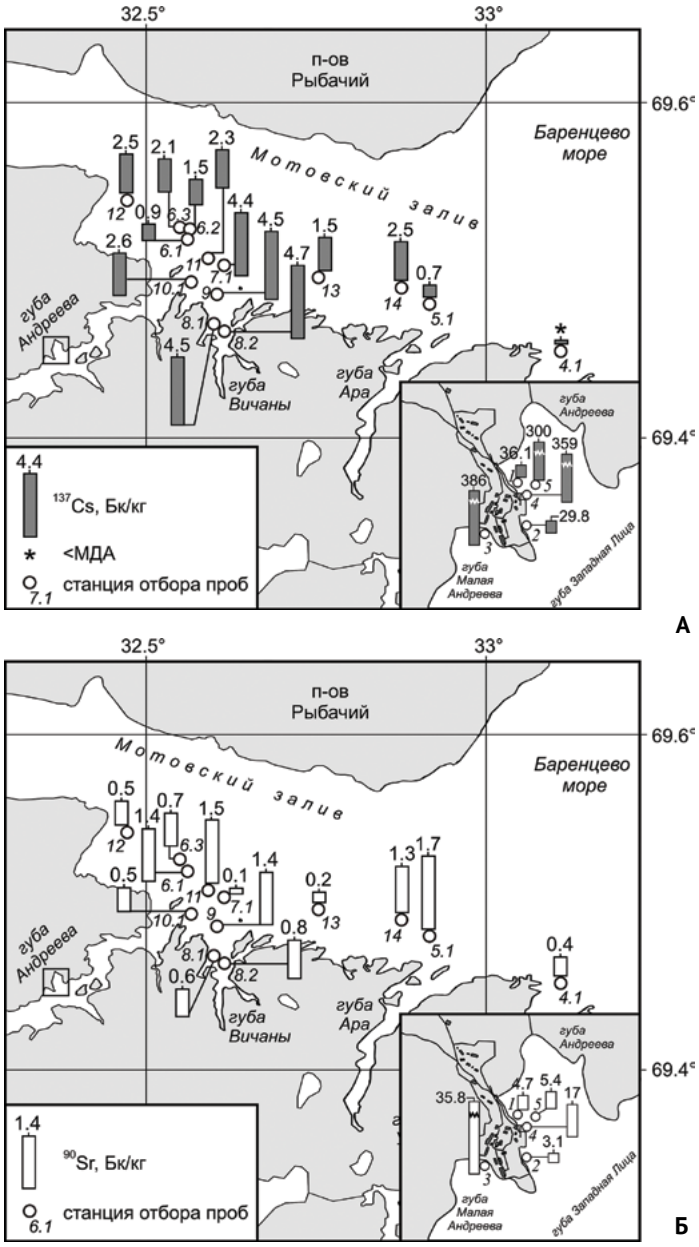


Рис. 3. Удельная активность ^{137}Cs (А) и ^{90}Sr (Б) в донных отложениях

Изотопы ^{238}Pu и ^{239,240}Pu обнаруживаются почти повсеместно в верхнем слое осадков литорали, а в Мотовском заливе отмечены как эпизод в устье губы Западная Лица (ст. 11). Удельная активность плутония низкая (1,5–2,5 Бк/кг сухого осадка), а соотношение изотопов ^{238}Pu/^{239,240}Pu (0,6–0,9) указывает на общий источник – эмиссию с территории хранилища. Численно это соотношение не соответствует таковому в глобальных атмосферных выпадениях и сбросах завода Селлафильд [Lindahl et al., 2010]. Другие радионуклиды, характерные для отходов ОЯТ – ^{134}Cs, ^{60}Co, ^{152}Eu и ^{241}Am, в осадках губ Андреева и Малая Андреева присутствуют фрагментами в очень низкой концентрации, меньше 1,5 Бк/кг.

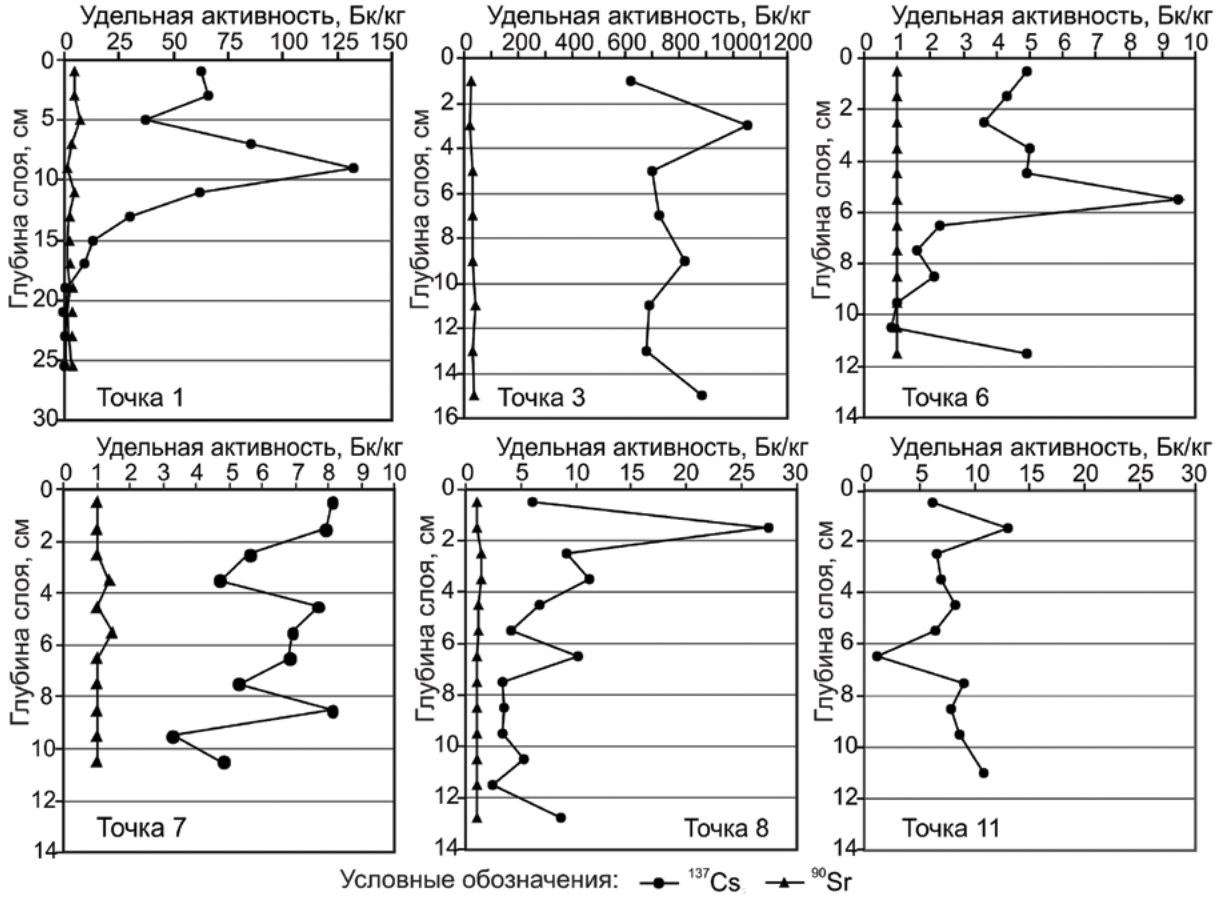


Рис. 4. Профили распределения ^{137}Cs и ^{90}Sr в отложениях литоральной зоны (губы Андреева, Малая Андреева) и морского прибрежья (Мотовский залив)

Возможностью восстановления хронологии и масштабов воздействия ПВХ на Баренцево море является исследование профилей распределения радионуклидов в колонках осадка вблизи хранилища и в отдаленных морских районах (рис. 1). Длина отобранных колонок от 11 до 27 см обеспечивает анализ слоев осадка и в «до-ядерную» эпоху.

Скорость осадконакопления на участках Мотовского залива изменяется от 0,08 до 0,54 см/год в зависимости от модуляций рельефа дна и скорости придонных течений. Максимальная скорость накопления соответствует зоне гидродинамической «тени» (точка 11) – это впадина с глубинами >190 м. В губах Андреева и Малая Андреева, на литорали, расчетная скорость накопления седиментов ориентировочно составляет около 1,4 см/год.

Профилях активности ^{137}Cs и ^{90}Sr имеют общую закономерность – равномерное поступление в осадок ^{90}Sr по всей длине колонок и весьма неравномерное, осциллирующее поступление ^{137}Cs (рис. 4). В хронологии накопления ^{137}Cs кроме разноглубинных пиков выделя-

ется поверхностный пик концентрации. В морском прибрежье этот максимум находится на глубине 1–2 см, а в губах – от 2 до 10 см. Различия в динамике накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr обусловлены режимом эмиссии и геохимическими свойствами этих нуклидов.

Литоральные отложения вокруг хранилища выделяются высоким содержанием ^{137}Cs во всем хронологическом профиле, вскрытом колонками – на порядок выше, чем в морских прибрежных осадках. Концентрация ^{90}Sr также повышена по всему профилю и составляет от 3 Бк/кг (точка 1) до 31 Бк/кг сухого осадка (точка 3). Состав радионуклидов в литоральных кернах дополняется изотопами ^{238}Pu, $^{239, 240}$Pu (от 1 до 5,5 Бк/кг сухого осадка) и фрагментарными включениями характерных для ОЯТ изотопов ^{134}Cs, ^{60}Co, ^{152}Eu и ^{241}Am. Таким образом, фактор долговременного влияния стока техногенных радионуклидов с территории ПВХ имеет место в основном вблизи хранилища, на акватории губ.

Сопоставление датировки слоев в изученных кернах позволяет с высокой вероятностью определить природу наиболее значимых пиков накопления ^{137}Cs в осадках прибрежья. Эти пики соответствуют Чернобыльской аварии 1986 г. и середине 1960-х гг., периоду максимального выпадения радионуклидов из атмосферы. Локальные пики накопления ^{137}Cs в самых верхних слоях осадка (керны 1, 3, 7, 11) соответствуют временному интервалу 2007–2012 гг. и совпадают с периодом современной реконструкции комплекса ПВХ и реабилитации его территории. Резкий рост и максимум концентраций ^{137}Cs, ^{238}Pu, $^{239, 240}$Pu в погребенных слоях литорального осадка (точка 1 – 8–10 см; точка 3 – 16 см) маркируются серединой 1980-х годов. В последующие после аварии годы непрерывная эмиссия радионуклидов поддерживала их высокую концентрацию в литоральном осадке.

Заключение. Таким образом, инфильтрация радионуклидов с территории ПВХ определяет формирование участков импактного загрязнения морской среды вдоль периметра ПВХ и не оказывает значимого влияния на радиоэкологическое состояние моря за пределами губы Андреева. Рассмотренные на примере губы Андреева объекты инфраструктуры атомного флота при длительной эксплуатации усиливают свою роль в качестве хронического источника радиоактивного загрязнения Баренцева моря. Воздействие таких источников ограничивается масштабами локальных участков вблизи мест разгрузки грунтовых вод и реализуется в виде очагов импактного загрязнения прибрежной зоны радиоизотопами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алиев Р.А., Калмыков С.Н. *Радиоактивность*: уч. пособ. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 304 с.

Васильев А.П., Вясюхно В.П., и др. Радиоэкологическое состояние – территории и акватории в губе Андреева // *Атомная энергия.* 2006. Т. 101. Вып. 1. С. 49–55.

Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Радиоэкологическое состояние морской и наземной среды в районе губы Андреева // *Атомная энергия*. 2015. Т. 118. Вып. 3. С. 168–173.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., и др. Многолетняя динамика радиоактивного загрязнения Баренцево-Карского региона (1960–2013 гг.) // *ДАН.* 2014. Т. 458. № 4. С. 473–479.

Lindahl P., Lee S.-H., et al. Plutonium isotopes as tracers for ocean processes: A review. *Marine Environmental Research*. 2010. Vol. 69. No 2. P. 73–84.

Reistad O., Dowdall M., et al. On-site radioactive soil contamination at the Andreeva Bay shore technical base, Northwest Russia. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2008. Issue 99. P. 1045–1055.

Sneve M.K., Kiselev M., Shandala N.K. Radioecological characterization and radiological assessment in support of regulatory supervision of legacy sites in northwest Russia. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2014. Iss.131. P. 110–118.

ФАКТОР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕКИ И МОРЯ В УСТЬЕВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ПРИЛИВНЫХ МОРЯХ АРКТИКИ

Ю.И. Инжебейкин

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
uinzheb@mail.ru

Устьевые области рек современной наукой рассматриваются как специфические переходные экосистемы – экотоны. Вследствие своего промежуточного положения между речным бассейном и морем, значительных пространственно-временных градиентов всех физико-химических характеристик водных масс и биологических компонентов экосистемы устьевые области рек с экологической точки зрения весьма ранимы. При этом роль их в поддержании экологического равновесия на огромных примыкающих к ним акваториях реки и моря и территориях суши достаточно велика. Поэтому изучение процессов в устьевых областях рек можно рассматривать как важную часть комплекса исследований Мирового океана.

Процесс экономического развития Европейского Севера России (ЕСР) сопровождался: во-первых, более высокой степенью урбанизации и хозяйственного освоения устьевых областей рек (например, появление и рост городов Архангельск, Северодвинск, Новодвинск – в устье Сев. Двины; Мезень, порт Каменка – в устье Мезени; Нарьян-Мар и поселки – в устье Печоры и т.д.); во-вторых, ускоренной эрозией почв вследствие усиленной вырубки лесов и применения нерациональных методов агротехники; в-третьих, повышением интенсивности процессов загрязнения природных вод (особенно в устьях рек вследствие более высокой концентрации промышленных предприятий с одной стороны и интегрирования загрязнения со всего бассейна реки с другой) [Инжебейкин, Козлов, 1996]. При этом, располагаясь географически вблизи траекторий центров часто проходящих над Белым и Баренцевым морем барических депрессий, связанных с циклогенезом на арктическом и полярном климатических фронтах, они характеризуются весьма частыми проявлениями экстремальных гидрометеорологических явлений [Отчет по НИР … 2000]. Таким образом, очевидно, что устья рек ЕСР испытывают более повышенный по сравнению с их верховьями экологический стресс и являются более уязвимыми в отношении воздействия как экстремальных природных гидрометеорологических явлений, так и антропогенного загрязнения [Инжебейкин, Козлов, 1996]. Заметим, что в современной океанографической науке понятие «эстуарий» трактуется в более широком физическом смысле: как полузамкнутый прибрежный водный объект, имеющий свободную (гидравлическую) связь с морем и в пределах которого происходит смешение морских и речных вод [Полонский и др., 1992]. Исходя из этого нами изучались как вдающиеся в сушу морские заливы, в вершину которых впадает река, так и переуглубленные относительно уровня моря устьевые участки рек, куда могут проникать из моря приливные и (или) сгонно-нагонные волны и морские осолоненные воды. На ЕСР насчитывается около 80 хозяйственно значимых устьевых объектов, наиболее крупные из которых: устьевые области рек Сев. Двина, Печора, Мезень, Онега, а также Унская губа с устьем реки Вежма и Кольский залив с устьями рек Кола и Тулома, гидролого-морфометрические характеристики которых приведены в таблице 1.

Устьевые области находятся под постоянным воздействием реки и моря. Сложный гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режим этих областей складывается в результате взаимодействия морских и речных вод. Формирование и развитие рельефа и гидрографической сети устьевых областей и даже всей экологической системы того или иного устья являются результатом взаимодействия реки и моря. Но устья рек Баренцева региона отличаются от устьевых областей других рек, впадающих в Арктические моря, тем, что в динамике вод первых (а следовательно, и в процессе взаимодействия реки и моря) весьма существенна роль морских приливов. Для самих Белого и Баренцева морей речной ток является, с одной стороны, важным источником поступления биогенных элементов, с другой, – одним из главных поставщиков загрязненных веществ. Характер и динамика выносимых за пределы

Таблица 1. Гидролого-морфометрические характеристики крупнейших устьевых объектов [Инжебейкин, Лупачев, 2000]

Устье реки	Площадь эстуария (дельты) км^2	Длина участка, км					Ширина устьевого створа (км)	Тип		
								устьевой области		устьевого взморья
		устьевого (приливного)	эстуарного (дельты)	абсолютно переуглубленного	с обратным течением	проникновения МВ/ зоны смещения		подтип	вид	
Сев. Двины	900/495*	135	45	150	95	20/25	45/35	половодно-приливный	дельтовый	закрытое приглубленное
Печоры	2900/2030*	190	120	190	80	7/60	110/30	половодно-приливный	дельтовый	закрытое отмелое
Онеги	22	30	30	30	25	5/10	2	половодно-приливный	бездельтовый	открытое отмелое
Мезени	162	90	40	95	55	35/30	8	приливный	бездельтовый	полуоткрытое отмелое
Кулоя	80	100	30	110	70	25/30	5	приливный	бездельтовый	полуоткрытое отмелое
Вежмы с Унской губой	158	39	24	26	28	2/26	2	приливный	бездельтовый	закрытое отмелое

Примечание: * в том числе площадь, занимаемая островами в дельте; ** в том числе ширина, приходящаяся на острова.

устьевого взморья загрязнений, протяженность областей моря, находящихся под воздействием выносимых рекой загрязняющих веществ, при прочих равных условиях, сильно зависят от процессов взаимодействия реки и моря в устьевых областях. Носителями взаимодействия при этом со стороны реки в основном являются сток воды, тепла, взвешенных наносов, биогенных элементов, ионов солей и ЗВ; со стороны моря – приливы, штормовые нагоны, положение среднего уровня, ветровые волны, соленость и температура морской воды, а также ЗВ в ней. Климат выступает как глобальный регулятор процессов взаимодействия реки и моря, определяя, во-первых, внутригодовое распределение стока рек, во-вторых, циркуляцию атмосферы. По характеру внутригодового распределения стока реки региона относятся к типу рек с преобладающим весенним половодьем (т.е. из-за сильного преобладания снегового питания над подземным 50–60 % стока поступает весной (табл. 2)). Средние из максимальных расходов больше средних годовых в 6–7 раз; летнемеженных – в 12–17; а зимнемеженных – в 30–70 раз. Минимальные расходы в летнюю межень составляют 40–50, а в зимнюю 10–20 % от годового. При переходе от половодья к межени величина расхода уменьшается в 60–120 раз. Изменение годового стока для указанных рек за многолетний период является полициклическим процессом с периодами 6, 12 и 30 лет. Функции распределения среднегодового стока, отличаясь для большинства рек от нормального, для Онеги и Мезени имеют положительную асимметрию, для Печоры – отрицательную. Установлены положительный тренд среднегодовых расходов Печоры и Онег, и отрицательный – Сев. Двины и Мезени (табл. 3).

Межгодовые изменения теплового и объема ионного стока, а также взвешенных веществ (ВВ), биогенных элементов в рассматриваемых устьях рек в более сглаженном в виде повторяют соответствующие изменения речного стока. Значимого изменения состава главных ионов в речных водах ЕСР также не отмечено. По сбросу ЗВ наблюдалось некоторое снижение их объемов за последние 20–25 лет в связи со спадом производства. Это сказалось

и на величинах максимальных в году концентраций ЗВ, что особенно важно для устьевых экосистем, поскольку в связи с их высокой проточностью здесь залповые сбросы более опасны, чем долговременное загрязнение в малых дозах.

Таблица 2. Среднемесячные и среднегодовые расходы вод (в $м^3/с$) в устьях крупнейших рек региона и внутригодовое распределение водного стока (в %) за многолетний период [Инжебейкин, Лупачев, 2000]

Река	По месяцам												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	
Сев. Двина	1020 2,55	815 2,04	710 1,77	2330 5,82	13 800 34,48	7180 17,94	2920 7,30	2190 5,47	2350 5,87	2950 7,37	2370 5,92	1390 3,47	3380
Печора	778 1,58	609 1,23	522 1,06	1080 2,19	11 200 22,67	16 700 33,80	5390 10,90	2660 5,39	3480 7,05	3850 7,80	1970 4,00	1150 2,38	4110
Онега	170 2,92	143 2,46	130 2,24	456 7,84	1970 33,87	852 14,65	421 7,24	296 5,09	336 5,78	454 7,81	362 6,22	226 3,88	485
Мезень	216 2,05	181 1,62	165 1,51	492 4,81	3530 34,88	1960 19,22	750 7,45	529 5,24	649 6,37	838 8,21	581 5,51	323 3,13	850
Кулой	96 4,48	85 3,96	83 3,87	131 6,11	493 22,98	328 15,29	166 7,74	138 6,43	165 7,69	189 8,81	155 7,23	116 5,41	180

Таблица 3. Сравнительная характеристика оценки тренда $Y(t) = A\,t + B + err$

Река	Параметры				Продолжительность ряда	
	A	dA	B	dB	t (нач.)	t (конеч.)
Сев. Двина	–2,5714	1,77040	3486,10	117,290	1882	1995
Онега	1,0771	0,94845	466,51	28,885	1943	1994
Мезень	–1,8951	1,02240	817,69	32,316	1941	1994
Печора	10,499	3,72450	3876,7	128,480	1932	2000

Что касается носителей взаимодействия со стороны моря, то приливы относительно постоянны, сгонно-нагонные колебания и волны, зависящие от штормовой активности, по своим величинам и повторяемости находятся в пределах многолетних квазипериодических вариаций и явных однонаправленных тенденций не показывают. Другое дело средние уровни приемных акваторий морей, определяющие базис эрозии для устьевых областей. Нами здесь обнаружены отрицательные тренды для районов взморья большинства устьев рек Белого моря, за исключением Сев. Двины и Вежмы с Унской губой, для которых наблюдается однонаправленный положительный тренд уровней. Для устья Сев. Двины при отрицательном тренде среднегодовых расходов воды это означает предпосылки к смещению морской границы устья ближе к дельте реки и росту вероятности проникновения морских вод в рукава дельт, т.е. снижение устойчивости экосистемы устья по данному показателю; для устья Онеги при положительном тренде среднегодовых расходов наоборот – к смещению морской границы устья мористее.

Что касается типов устьев рек в регионе по взаимодействию реки и моря и доминирующим факторам и процессам на отдельных участках устья, то при типизации (руководствуясь работой [Михайлов, 1989]) по степени вертикальной стратификации зон смешения и преобладающим процессам переноса солей и перемешивания вод рассматриваемые устьевые области изменяются от слабо стратифицированного I типа (эстуарий Мезени, Унская губа с доминированием морских факторов, дисперсии и адвекции в транспорте солей, динамического и конвективного вида перемешивания) до сильно стратифицированного III типа (устья Сев. Двины и Печоры с преобладающим влиянием стока реки, адвективного переноса солей) (рис.1). При этом для разных участков даже одного и того же типа устья в изменчивости компонентов экосистемы устья преобладают те или иные факторы (рис. 2).

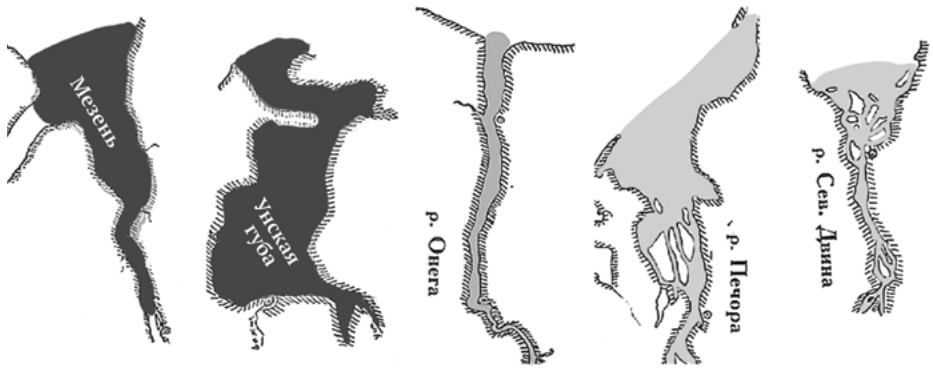


Рис. 1. Типы взаимодействия морских и речных вод в устьях рек Баренцева региона

Тип взаимодействия вод	Преобладающий процесс переноса солей	Факторы установления данного типа взаимодействия	Вид преобладающего взаимодействия
I тип (сильное перемешивание)	Дисперсия, адвекция	Малый и средний сток воды, высокие приливы и нагоны, морские течения и волны	Динамическое и конвективное
II тип (умеренная стратификация)	Адвекция, дисперсия	Те же, а также внутренние волны	Динамическое и конвективное
III тип (сильная стратификация)	Адвекция	Средний и большой сток воды, малые приливы, сгоны, ледяной покров, приглубое или полузакрытое устьевое взморье, дноуглубление	Молекулярное (через границу раздела вод)

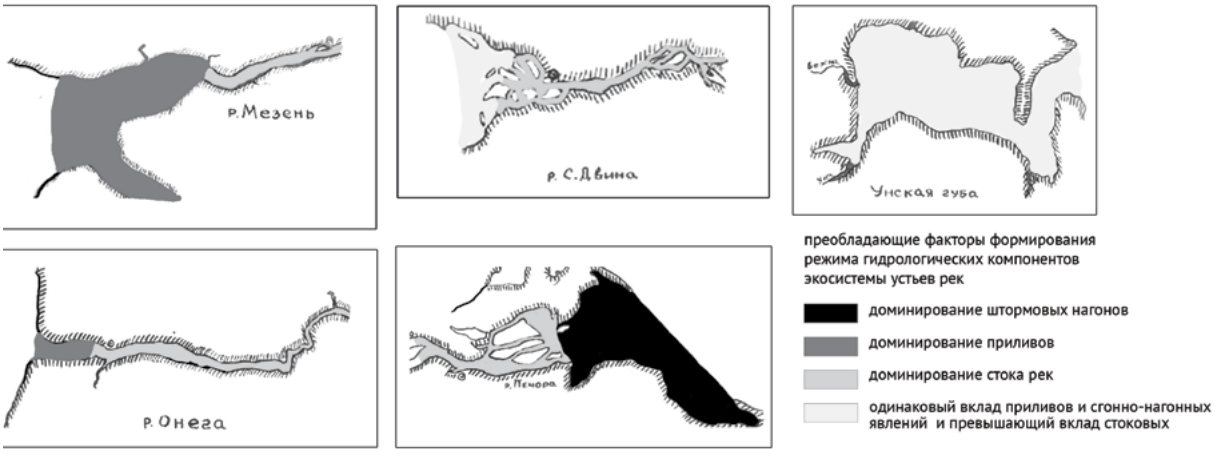


Рис. 2. Районирование устьевых областей Баренцева региона по преобладающим гидродинамическим факторам в изменчивость компонентов экосистем

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Отчет по НИР «Комплексные исследования гидролого-экологического состояния устьев рек Российских Арктических морей. Оценка воздействия природных и антропогенных чрезвычайных экологических ситуаций на эстуарии и прибрежные зоны»/ Рук. и отв. исп. Ю.И. Инжебейкин. Архангельск, 2000. 70 с.

Инжебейкин Ю.И., Козлов В.Д. Стратегия исследования взаимодействия реки и моря в устьевых экосистемах Баренцева региона // *Экологические проблемы европейского Севера*: сб. науч. тр. / гл. ред. член-корр. РК Ф.Н. Юдахин. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. С. 111–121.

Инжебейкин Ю.И., Лупачев Ю.В. О взаимодействии реки и моря в устьевых экосистемах Европейского Севера России // *Литосфера и гидросфера Европейского Севера России*. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. С. 259–298.

МОНИТОРИНГ КЛИМАТИЧЕСКИ ЗНАЧАЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ ЮЖНОГО ОКЕАНА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ И НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

В.В. Ионов, Н.В. Сандалюк

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, г. Санкт-Петербург, Россия
victor@vi3787.spb.edu

Климатические изменения в Мировом океане оценить *достоверно* можно лишь осуществляя синоптический (от греч. sunoptikos – «обозревающий все вместе») мониторинг его основных климатически значащих характеристик: низкочастотных колебаний уровня моря, флуктуаций температуры поверхности моря и границ ледового покрова. *Наиболее доступны как для прямых, так и для дистанционных* (*спутниковых*) *наблюдений* – сведения о температуре океанической поверхности. Океан и Атмосфера беспрерывно и активно взаимодействуют друг с другом на поверхности Океана, которая составляет более $^{2}/_{3}$ поверхности Земли. Именно поверхность океанов и морей – базовый источник тепла нижней атмосферы, поскольку она нагревается снизу.

Южный океан – важнейший компонент климатической системы планеты. Однако четкому пониманию физических и динамических процессов, которые отличают Южный океан от других океанических бассейнов, препятствует скудность прямых океанографических наблюдений в этой удаленной и суровой для мореплавания части Мирового океана. Главная особенность циркуляции вод Южного океана – самое мощное на Земле, не встречающее сплошной поперечной преграды, Течение западных ветров – Антарктическое циркумполярное течение (АЦТ). АЦТ играет ключевую роль в глобальном переносе массы, тепла, количества движения (импульса), транслируя климатические сигналы из одного бассейна Мирового океана в другой. Характерная черта циркуляции поверхностных вод Южного океана – множественность фронтальных разделов водных масс различного происхождения. Главные из этих циркумполярных фронтов формируют АЦТ и подвержены процессам меандрирования и связанного с ним вихреобразования.

Основное направление исследований сотрудников кафедры океанологии СПбГУ в составе сезонных Российских антарктических экспедиций (РАЭ) в 2007–2015 гг. – получение *новых сведений* о наличии (или отсутствии) смещений по широте климатических фронтов Южного океана, *как свидетельств проявлений глобального потепления в поверхностном слое вод Мирового океана*. Сведения о географической широте циркумполярных фронтов в начале (декабрь) и конце (февраль) астрального лета каждого года за большой промежуток времени могут служить индикатором климатических изменений циркуляции вод Южного океана.

Разработанная методология синоптического мониторинга поверхностных термических фронтов Южного океана позволяет использовать ежегодные рейсы НЭС РАЭ от Африки к Антарктиде и обратно, для прямых наблюдений за изменчивостью температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) и градиентов температуры поверхности моря (ТПМ), получаемых со спутников NOAA в реальном времени. Данные *ежеминутных* попутных измерений дают возможность получать местоположение и пространственную структуру поверхностных фронтов, рассчитывая горизонтальные градиенты ТПСМ, *существенно детальнее*, *чем* это позволяли измерения *in situ* на гидрологических станциях *прежде*: в лучшем случае через 30 морских миль. В частности, получать такие сведения, как: географическая широта положения фронта, протяженность зоны фронта по широте, ее ширина в км, диапазон температур на краях зоны фронта, средний для зоны фронта горизонтальный градиент ТПСМ в °С/км.

Результаты измерений ТПСМ судовой метеостанцией на борту судна *оперативно сравниваются* со спутниковыми данными о ТПМ. Это позволяет сопоставлять и уточнять линейные и площадные характеристики температурных неоднородностей поверхности океана при пересечении основных фронтальных зон Южного океана. Совместный анализ градиентов непрерывно регистрируемой ТПСМ *in situ* и градиентов ТПМ, фиксируемых спутниковым радиометром AVHRR в ИК-диапазоне электромагнитного спектра, позволяет оперативно и точно определять по пути следования судна местоположение термических градиентных зон на поверхности Южного океана.

В межгодовых изменениях сезонных (в период астрального лета) широтных положений основных циркумполярных фронтов на поверхности индоокеанского сектора Южного океана за последние восемь лет (2007–2015 гг.) выраженных *тенденций к смещению на север или юг не выявлено*. Длительность периода наблюдений *следует увеличивать, продолжая синоптический мониторинг* поверхностных термических фронтов Южного океана.

ПРИЛИВЫ И ПРИЛИВНЫЕ ТЕЧЕНИЯ В ГУБЕ КЕРЕТЬ (Кандалакшский залив, Белое море)

В.В. Ионов, Р.И. Май, А.В. Рубченя, Р.Е. Смагин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
pp6077@mail.ru

Губа Кереть расположена в Кандалакшском заливе у Карельского берега Белого моря. На севере она примыкает к губе Чупа, а на востоке через Большой Керетский рейд сообщается с Кандалакшским заливом (рис. 1). В г. Кереть впадает одноименная река, распресняя верхний слой акватории (среднегодовой расход реки составляет 22,6 м^3/с). Во все процессы, происходящие в г. Кереть, существенный вклад вносят приливные явления, поскольку характерная величина превышения уровня –2 м.

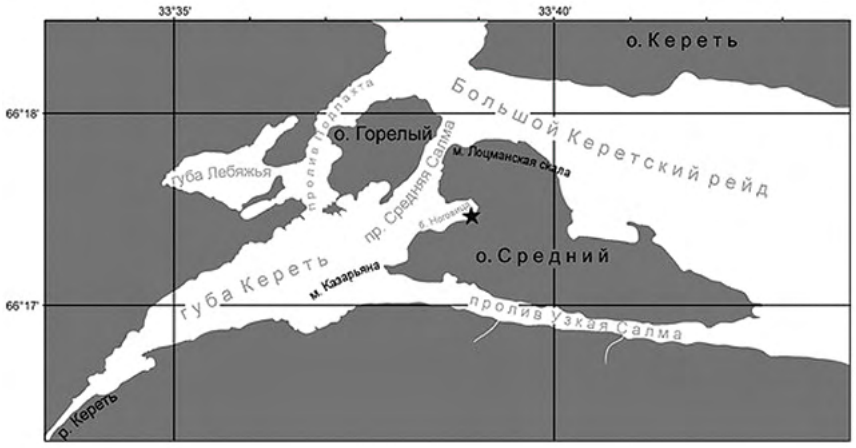


Рис. 1. Расположение уровенного поста в губе Кереть (отмечено звездочкой)

Полевые работы проходили в летние сезоны 2011–2013 гг. Ежечасные измерения уровня моря проводились визуально с помощью рейки, установленной вблизи берега. В результате был создан ряд длиной 648 значений. Применялся гармонический метод анализа приливов. Инструментальные измерения течений выполнялись с помощью измерителя течений «Вектор-2». Длина каждого ряда – одни сутки, дискретность измерений – 30 минут. Для анализа данных по скоростям течений был применен векторно-алгебраический метод [Белышев и др., 1983]. Гармонические постоянные течений рассчитывались по Адмиралтейскому методу по алгоритмам из работ [Дуванин, 1960; Лебедев, 1980], алгоритмы расчета амплитуд и фаз по одной суточной серии наблюдений полностью взяты из работы [Войнов, 1989].

По результатам гармонического анализа методом наименьших квадратов инструментальных измерений уровня моря были оценены амплитуды и фазы 33 гармоник для губы Кереть (табл. 1). Выделены долгопериодные гармоники: лунная месячная M_m и лунно-солнечная синодическая полумесячная MS_f. Амплитуда лунно-солнечной синодической волны MS_f составила 5,6–5,8 см. Гармонические постоянные волны MS_f хорошо согласуются с оценками амплитуды и фазы долгопериодной нелинейной волны, результатом нелинейного взаимодействия волн M_2 и S_2($q_{MS_f} = q_{S_2} - q_M$), найденными для Белого моря с помощью численного моделирования [Май, 2006]. Наибольший вклад в дисперсию колебания уровня моря вносят полусуточные гармоники: они обеспечивают 95,4 % дисперсии приливного колебания уровня (табл. 1).

Таблица 1. Гармонические постоянные прилива, рассчитанные методом наименьших квадратов по ряду наблюдений за уровнем моря в губе Кереть

Обозначение гармоники	Гармонические постоянные волн, выбранных по критерию $N = \frac{360^\circ}{q_1 - q_2}$		Гармонические постоянные волн, выбранных по критерию $N = \frac{288^\circ}{q_1 - q_2}$		Вклад гармоники или группы гармоник в общую дисперсию приливного колебания уровня	
	Амплитуда, см	Фаза,°	Амплитуда, см	Фаза,°	D_i, %	D_{Σ_i}, %
Долгопериодные волны						
M_m			3,9	230	0,3	0,9
MS_f	5,6	79	5,8	72	0,6	
Суточные волны						
K_1	9,1	61	9,0	60	1,5	1,6
J_1			1,2	138	>0,1	
O_1	1,0	327	1,0	320	>0,1	
$2Q_1$			0,8	41	>0,1	
Q_1			0,7	113	>0,1	
OO_1			0,6	194	>0,1	
M_1			0,4	234	>0,1	
Полусуточные волны						
M_2	69,1	32	68,8	32	90,4	95,4
S_2	11,4	93	11,2	90	2,4	
N_2			10,2	353	2,0	
L_2			5,1	104	0,5	
μ_2			3,1	155	0,2	
$2SM_2$	0,4	237	0,6	301	>0,1	
1/3-суточные волны						
MK_3			2,1	352	0,1	0,1
M_3	1,3	149	1,3	150	>0,1	
MO_3			1,0	273	>0,1	
SK_3	0,2	115	0,3	65	>0,1	
1/4-суточные волны						
M_4	8,0	341	8,3	340	1,3	1,8
MS_4	3,2	36	3,3	34	0,2	
MN_4	2,8	317	2,9	320	0,2	
SN_4			1,8	70	0,1	
S_4	0,8	62	0,8	55	>0,1	
1/5-суточные волны						
MSK_5	0,8	170	0,8	170	>0,1	>0,1
$2MP_5$	0,6	336	0,6	335	>0,1	
$2SK_5$	0,4	215	0,5	216	>0,1	

Окончание таблицы 1

1/6-суточные волны						
M_6	1,7	249	1,8	249	0,1	0,1
MSN_6			0,8	357	>0,1	
$2MS_6$	0,7	265	0,7	266	>0,1	
$2SM_6$	0,3	317	0,3	318	>0,1	
$2MN_6$			0,2	109	>0,1	
1/8-суточные волны						
M_8	1,0	159	1,0	160	>0,1	>0,1

Амплитуда главной лунной полусуточной гармоники составляет почти 69 см или 90,4 % дисперсии предвычисленного ряда. Главная солнечная гармоника S_2 имеет амплитуду почти 11 см, что более чем в шесть раз меньше амплитуды волны M_2. Результаты нашего анализа показали, что дисперсия мелководных короткопериодных гармоник составляет около 2 % от общей дисперсии приливного колебания уровня моря, т.е. это группа гармоник превосходит даже суточные волны, вклад которых оценен нами 1,6 %, и уступает лишь полусуточным гармоникам. По известной классификации [Дуванин, 1960], в губе Кереть Белого моря отмечается правильный полусуточный прилив.

Наши результаты дополняют имеющуюся в справочниках и таблицах информацию: характеристики основных волн прилива оценены на основе более точных методов; впервые оценены гармонические постоянные для мелководных волн прилива. Также впервые оценены амплитуда и фаза долгопериодных гармоник M_m и MS_f.

Анализ данных по скоростям течений в проливе Средняя Салма показал, что приповерхностное течение (горизонт 1 м) заметно отличается от течений на горизонтах 3 и 6 метров, на наш взгляд, это отличие следует объяснять влиянием ветра. Течение на горизонтах 3 и 6 метров направлено из Большого Керетского рейда в губу Кереть. Среднесуточные скорости течений составили 8–9 и 3–4 см/с. Изменчивость течений в пр. Средняя Салма происходит преимущественно в направлении север – юг. В пр. Узкая Салма постоянное течение (среднее за сутки) направлено из губы Кереть в Белое море, модуль скорости среднего течения меняется от 3,5 до 16 см/с. Изменчивость течения, как и следовало ожидать, тоже происходит вдоль оси пр. Узкая Салма (рис. 2). Большая полуось эллипса среднеквадратического отклонения меняется от 13 до 23 см/с. Для определения периодических колебаний применялся Фурье-анализ. Результат предвычисления эпюры приливных течений одной гармоники по таким данным будет выглядеть в виде эллипса. Следовательно, можно оценить такие характеристики приливных эллипсов, как: максимальная скорость приливного течения, минимальная скорость приливного течения, а также фазы и направления максимального и минимального приливных течений (рис. 2). Для пр. Средняя Салма эллипсы приливных течений полусуточной и четвертьсуточной гармоник представляются в виде реверсивных течений, максимальные скорости которых совпадают с осью пролива. По нашим данным, максимальная скорость приливного полусуточного течения в этом проливе составляет 22–33,5 см/с. Течения полусуточного течения практически реверсивные (минимальные скорости меньше 1 см/с). Течения четвертьсуточного прилива также имеют реверсивный характер: ось эллипса ориентирована вдоль оси пролива. Максимальная скорость приливного течения суточной периодичности составляет 3–4 см/с, минимальная – 1–1,5 см/с. В пр. Узкая Салма эллипсы периодических течений суточной, полусуточной и четвертьсуточной гармоники также ориентированы вдоль оси пролива. Амплитуда максимальной скорости суточных приливных течений, по нашим измерениям, составляет от 3 до 6 см/с, амплитуда максимальной скорости полусуточных приливных течений составляет 21–22 см/с, четвертьсуточные течения имеют максимальную скорость 5–6 см/с. Нелинейные эффекты в изменении приливного течения выражаются в том, что течение из Белого моря в губу Кереть (приливное течение), как правило, более сильное, чем отливное, но отливное

течение (течение из губы Кереть в Белое море) более продолжительное по сравнению с приливным. Гармонические постоянные продольной составляющей приливного течения для пр. Средняя Салма рассчитаны по двум суточным сериям наблюдений. По этим данным определены соотношения амплитуд суточных и полусуточных гармоник ($\frac{A_{M_2}}{A_{S_2}}$ = 1,83, $\frac{A_{O_1}}{A_{K_1}}$ = 2,0) и фаз ($g_{M_2} - g_{S_2} = 303^\circ$, $g_{O_1} - g_{K_1} = 358^\circ$), которые использовались для анализа одной суточной серии наблюдений в пр. Узкая Салма.

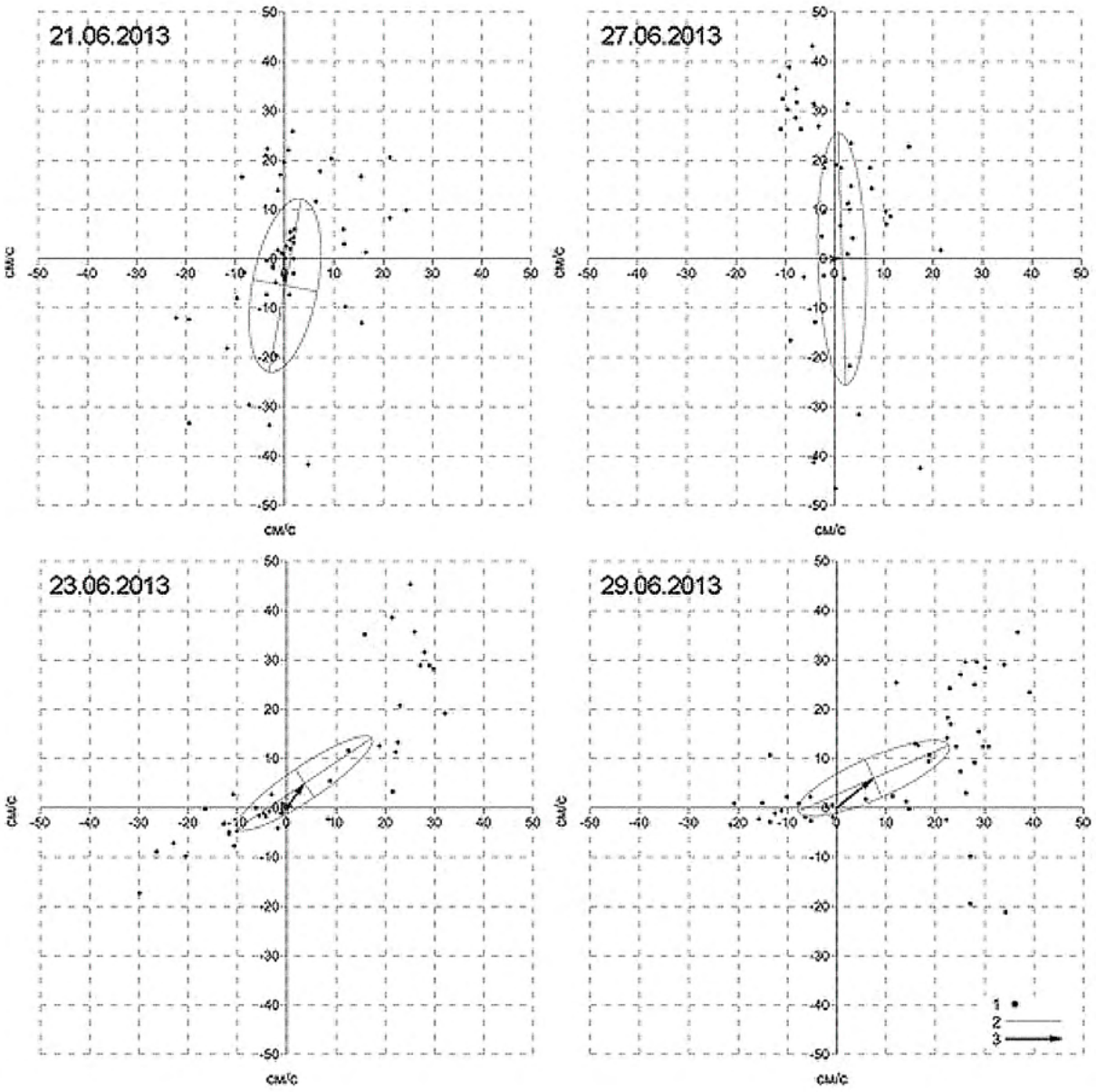


Рис. 2. Осредненные по глубине измерения эллипсы течений в пр. Средняя Салма (вверху) и Узкая Салма (внизу)
Примечания: 1 – вектора скоростей течения, 2 – эллипс среднеквадратического отклонения течений, 3 – вектор среднего течения.

В таблице 2 приведены гармонические постоянные основных волн прилива для продольной составляющей течений в проливах. Так как мы рассчитываем только продольную составляющую приливного течения, допустимо оценки гармонических постоянных

интерпретировать как гармоники приливного колебания уровня моря. Фаза показывает запаздывание наступления максимального течения, направленного из губы Кереть в море, относительно момента кульминации фиктивного светила гармоники на меридиане Гринвича, а амплитуда – максимальную скорость течения для данной приливной гармоники.

Таблица 2. Оценки гармонических постоянных основных волн прилива для продольной составляющей течений в пр. Средняя Салма и Узкая Салма

Место измерений	Средняя Салма		Узкая Салма	
Гармоника	Амплитуда (см/с)	Фаза(°)	Амплитуда (см/с)	Фаза(°)
$\mathbf{M_2}$	22	127	21	130
$\mathbf{S_2}$	12	184	11	187
$\mathbf{K_1}$	2	18	7	348
$\mathbf{O_1}$	1	16	3	346

Амплитуды течений главной лунной полусуточной гармоники составляют примерно 20 см/с в пр. Средняя Салма и Узкая Салма, а фаза примерно 130°. Разность фаз колебания уровня моря в губе Кереть [Ионов и др., 2013] и приливных течений полусуточных гармоник (табл. 2) для полусуточных гармоник составляет примерно четверть периода. Такое соотношение фаз колебания уровня моря и течений однозначно указывает на стоячий характер полусуточных приливных волн. Полученные оценки гармонических постоянных позволяют оценить среднюю скорость полусуточного течения (23–24 см/с), среднюю скорость сизигийного полусуточного течения (32–34 см/с).

Были впервые определены гармонические постоянные приливных течений в проливах г. Кереть. Установлено, что из-за влияния мелководных нелинейных гармоник течение из моря в губу более интенсивное и менее продолжительное, а отливное течение (течение из губы в море) менее интенсивное, но более продолжительное. Результаты данной работы важны для правильной организации океанографических, гидрологических, биологических и экологических изысканий в г. Кереть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белышев А.П., Клеванцов Ю.П., Рожков В.А. *Вероятностный анализ морских течений*. Л.: Гимиз, 1983. 264 с.

Войнов Г.Н. Рационализация Адмиралтейского метода анализа приливов за 24 часа для расчетов на ЭВМ // *Тр. ААНИИ*. 1989. Т. 417. С. 128–139.

Дуванин А.И. *Приливы в море*. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. 390 с.

Ионов В.В., Май Р.И., Смагин Р.Е. Новые гармонические постоянные приливных колебаний уровня моря в губе Кереть Белого моря (по данным экспедиционных работ 2011 года) // *Вестн. С.-Петербург. ун-та.* 2013. Сер. 7. Вып. 2. С. 94–107.

Лебедев В.Л. *Руководство к практическим занятиям по расчету приливов.* М.: Изд. МГУ, 1980. 66 с.

Май Р.И. *Нелинейные баротропные и бароклинные приливные явления в морях Европейской Арктики*: автореф. дис. … канд. геогр. наук. СПб., 2006. 20 с. URL: http://oceanographers.ru/books/Ruslan_May_avtoreferat.pdf

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ МОРЕЙ И ГЛУБОКОВОДНЫХ БАССЕЙНОВ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА В XXI ВЕКЕ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Г.С. Казанин, И.В. Заяц, Е.С. Макаров, С.П. Павлов, С.И. Шкарубо

Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, г. Мурманск, Россия
info@mage.ru

Устойчивое минерально-сырьевое обеспечение развития экономики, социальной сферы и национальной безопасности России возможно только при решении ряда задач, важнейшими из которых являются: поддержание на необходимом уровне добычи полезных ископаемых, экономическое и социальное развитие арктической зоны РФ, обеспечение геополитических интересов на ее континентальном шельфе. Все это требует проведения необходимого и достаточного объема региональных ГРР и тематических исследований, нацеленных на получение новых знаний, переоценку, выявление и локализацию ресурсов.

Стратегическим направлением развития минерально-сырьевой базы нефти и газа является освоение новых регионов добычи, среди которых в перспективе и арктический шельф России [Наталенко и др., 2015]. Углеводородный потенциал осадочных бассейнов арктических морей составляет около 80 % начальных суммарных ресурсов нефти и газа всего российского шельфа [Каминский и др., 2005].

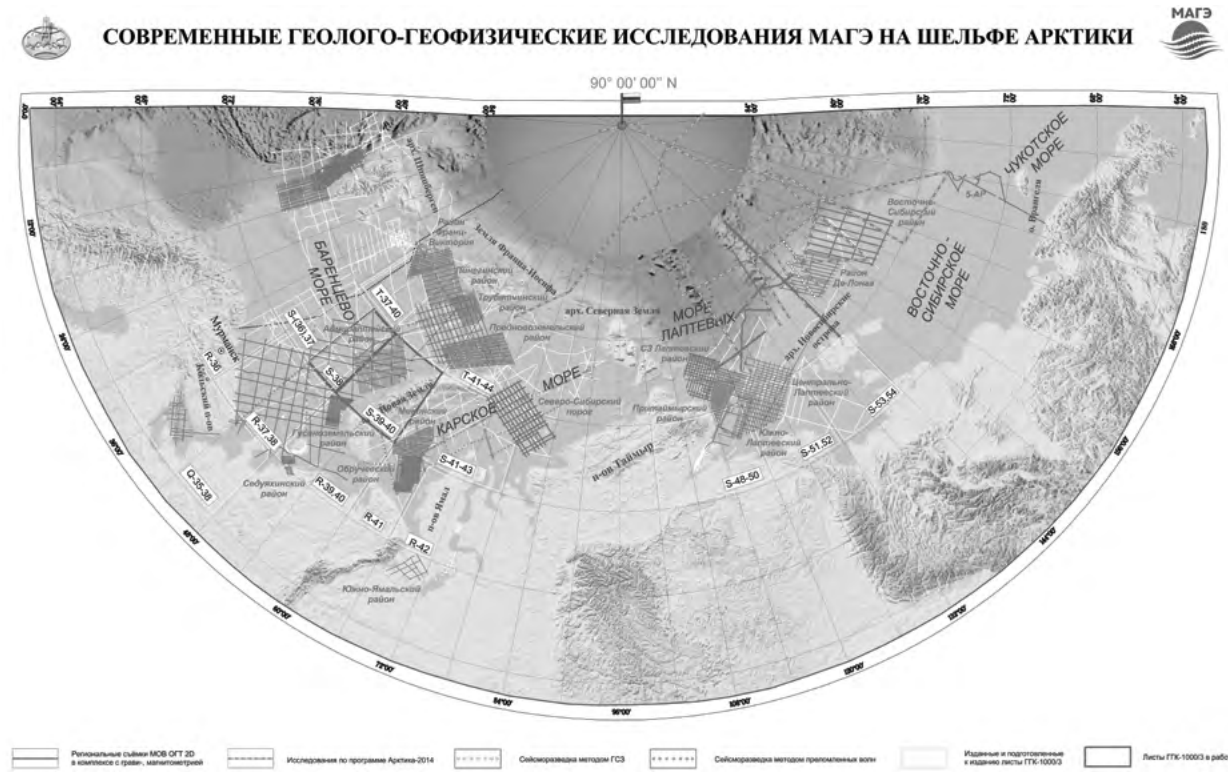


Рис. 1. Схема расположения комплексных геофизических профилей (ОАО МАГЭ, 2004–2015 г.)

Современный этап изучения российского шельфа начался с 2004 г. В этот период выполнены значительные объемы работ различного характера: от редких каркасных профилей до съемок по сети 5×5 км (рис. 1).

Активное участие в исследованиях российского шельфа в этот период принимала Морская арктическая геологоразведочная экспедиция (МАГЭ): от разработки долговременных программ его изучения, формирования предложений по конкретным участкам работ до получения геологических результатов и оценки прогнозных ресурсов [Казанин и др., 2014]. Общий объем выполненных МАГЭ по госзаказу съемок составил более 110 000 км. Начиная с 2013 г. происходит постепенный переход к лицензионному этапу, который финансируется за счет недропользователей – предприятий Роснефти и Газпрома. Эти работы будут главным образом поисково-разведочными, поэтому уже сегодня можно подвести достигнутые итоги региональной стадии изучения континентального шельфа.

В **Баренцевом море,** в южной части, создана каркасная сеть глубинных сейсмических профилей. При достаточно хорошей разрешенности верхней части разреза они освещают недоступные прежде глубокие горизонты осадочного чехла Южно-Баренцевской впадины. На севере Баренцева моря в результате работ, проведенных по регулярным сеткам профилей, изучено строение Северо-Баренцевской синеклизы, Пинегинского мегавала, прогиба Франц-Виктория и Предновоземельской структурной области, закартировано более 60 антиклинальных структур, общей площадью свыше 20 тыс. км^2. Перспективные объекты выявлены во всех потенциально нефтегазоносных комплексах, от ордовикско-среднедевонского до мелового. Кроме антиклинальных структур предполагаются литологические и стратиграфические ловушки в зонах выклинивания отложений, клиноформных комплексах, рифогенных постройках [Казанин и др., 2011]. Прогнозные ресурсы углеводородов выявленных объектов, по подсчетам различными методами, составляют от 3,2 до 5,2 млрд тонн в нефтяном эквиваленте.

В 2014 г. закончены работы на Гусиноземельской площади, детализирующие геологическое строение южного сегмента Предновоземельской структурной области: тектонические и литолого-стратиграфические особенности палеозойско-мезозойских комплексов осадочного чехла. На площади установлены два вала: Гусиноземельский и Западно-Новоземельский, в пределах которых находится наибольшее количество локальных объектов и прогнозируется максимальная плотность ресурсов – более 100 тыс. т.у.т./км^2. С этими структурами связываются основные перспективы, в первую очередь, с триасовым и пермским нефтегазоносными комплексами.

В **Карском море** в 2014 г. изучено строение Северо-Сибирского порога – пограничной структуры, разделяющей осадочные бассейны Южно-Карской части Западно-Сибирской и Северо-Карской плит. Важным обстоятельством для реалистичной оценки перспектив нефтегазоносности этой региональной структуры стало выявление того факта, что большую часть основания порога, вопреки ожиданиям, занимает не складчатый комплекс палеозоя, аналог поздних киммерид Новой Земли, а выступ протерозойских пород, обнаженных на островах Известий ЦИК.

В **море Лаптевых** новые материалы сейсморазведки существенно уточнили геологическое строение региона, позволили обосновать ряд спорных вопросов. Представлены аргументы, доказывающие эпипозднекиммерийский возраст осадочного чехла; убедительно проиллюстрирована рифтогенная природа бассейна; показан постседиментационный характер деформаций меловых – раннемиоценовых отложений. Детализирована структура бассейна, выделены основные зоны нефтегазонакопления, в пределах которых сосредоточены до 40 локальных поднятий и другие возможные ловушки углеводородов [Шкарубо и др., 2014].

В 2014–2015 гг. завершены региональные комплексные исследования в северо-западной части Лаптевоморского шельфа и прилегающего периокеанического прогиба. Полученные материалы характеризуют зону сочленения раннекиммерийских структур Таймыра с наложенными позднекиммерийскими дислокациями, залегающих в основании мелового – кайнозойского осадочного чехла, которые срезаются флексурно-разломным поясом континентального склона Евразийского суббассейна СЛО. В западной части площади выявлен прогиб (Вилькицкого), имеющий простирание таймырских структур и заполненный мощной

толщей докайнозойских отложений, которые перекрываются вышележащими комплексами с угловым несогласием. Вероятно, это несогласие отражает границу мела – кайнозоя, а его прослеживание поможет с большей уверенностью обосновать соотношение этих комплексов в чехле Лаптевоморского бассейна.

Сейсмические исследования во льдах Арктики. В 2014 г. успешно завершилась высокоширотная экспедиция МАГЭ на борту научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола «Ямал». Кроме изучения типа земной коры и мощности осадочного чехла, цель работ включала получение данных для оценки перспектив нефтегазоносности бассейнов континентальных окраин и глубоководных котловин СЛО в рамках территории расширенного континентального шельфа России, общей площадью 1,2 млн км^2. Выполненные комплексные геофизические исследования в центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана позволили существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа. В частности, предварительный анализ временных разрезов МОВ ОГТ позволил увязать стратификацию осадочного чехла мелководных шельфов Восточно-Сибирского и Чукотского морей и стратификацию в глубоководной котловине Подводников.

В 2015 г. получены сейсмические данные в зоне сочленения Лаптевоморской континентальной окраины с глубоководными бассейнами СЛО, которые в совокупности с работами 2014 г. решают задачу обоснования границ Российского шельфа в Арктике и оценку его перспектив на нефть и газ.

Комплексные геофизические исследования, проведенные на шельфе в течение 2004–2015 гг., являются также необходимой базой для составления и актуализации комплектов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 – многоцелевой основы рационального недропользования и системы информационной поддержки принятия управленческих решений на государственном уровне.

К 2016 г. подготовлены к изданию комплекты Госгеолкарты масштаба 1:1 000 000 по 30 листам международной номенклатуры, которые покрывают большую часть Западно-Арктического шельфа России и море Лаптевых. В комплект издаваемых материалов входит эколого-геологическая карта, при создании которой большую роль сыграли исследования Дмитрия Геннадьевича Матишова [Матишов, 1993].

Выводы. В результате региональных работ последнего десятилетия уточнено строение шельфовых осадочных бассейнов, выявлены зоны потенциального нефтегазонакопления и десятки новых перспективных структур. Высокую эффективность региональных работ, с оконтуриванием структур и количественной оценкой локализованных ресурсов, подтверждает интерес недропользователей (ОАО «НК “Роснефть”», Газпром): на изученные участки, охватывающие площадь в сотни тысяч кв. км, выданы лицензии.

Кто же и за какие средства должен вести дальнейшее изучение континентального шельфа в сложившихся условиях? Очевидно, финансирование работ должно обеспечиваться владельцами лицензий. Однако реальные объемы сейсморазведочных работ 2Д в арктических морях, на лицензионных блоках Роснефти и Газпрома не в полной мере обеспечивают необходимый прирост локализованных ресурсов и загрузку производственных мощностей российских сервисных компаний.

На оставшихся площадях нераспределенного фонда можно продолжать, за средства госбюджета, региональные работы, поскольку морская сейсморазведка 2Д показывает высокую эффективность при затратах, на порядок меньше сухопутных съемок и работ в транзитных зонах предельного мелководья. Выходом из положения могло бы стать также законодательное решение о проведении поисковых работ на условиях коммерческого риска. При сохранении настоящего положения с заказами на изучение шельфа оперирующие здесь российские сервисные компании окажутся в сложной ситуации, рискуя утратить свой технико-интеллектуальный потенциал.

В ближайшей перспективе, пока не разрешены перечисленные ниже проблемные вопросы, просматриваются следующие направления проведения дальнейших работ на шельфе.

Региональные сейсморазведочные работы могут быть нацелены, с одной стороны, на изучение осадочных бассейнов арктических континентальных окраин, с другой – транзитных зон предельного мелководья. Также имеет смысл дополнительное сгущение сети профилей в нераспределенном фонде, в оставшихся брешах между лицензионными участками, с целью локализации прогнозных и перспективных ресурсов углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Наталенко А.Е., Пак В.А., Ставский А.П. Основные направления развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2015. № 1. С. 2–8.

Каминский В.Д., Иванов В.Л., и др. Западно-Арктическая нефтегазоносная провинция на пороге промышленного освоения // *Разведка и охрана недр*. 2005. № 6. С. 5–9.

Казанин Г.С., Заяц И.В., и др. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности Российского шельфа // *Разведка и охрана недр*. 2014. № 4. С. 7–13.

Казанин Г.С., Заяц И.В., и др. Региональные сейсморазведочные работы в арктических морях – основные результаты нового этапа и дальнейшие перспективы // *Геология нефти и газа*. 2011. № 6. С. 90–98.

Матишов Д.Г. *Радионуклиды в донных осадках, биоте шельфа и побережий Баренцева моря. Результаты радиоэкологических наблюдений, проведенных ММБИ в 1991–1992 гг*. Апатиты: КНЦ РАН, 1993. 33 с.

Шкарубо С.И., Заварзина Г.А., Зуйкова О.Н. Геологическое строение Восточно-Арктического шельфа // *Разведка и охрана недр*. 2014. № 4. С. 23–30.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРО-АРКТИКИ (по материалам международного проекта CEEPRA)

Н.Е. Касаткина[1], И.С. Усягина[1], Г.В. Ильин[1], Г.Г. Матишов[1, 2], Д. Солатие[3], А.-П. Леппанен[3], А. Налбандян[4], С.В. Бердников[1, 2], В.В. Кулыгин[2]

[1]Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[3]Агентство радиационной и атомной безопасности Финляндии, г. Рованиеми, Финляндия
[4]Государственное управление Норвегии по радиационной и ядерной безопасности, г. Тромсё, Норвегия
kasatkina@mmbi.info

Вопросы радиоактивности окружающей среды представляют особый интерес для всего Евро-Арктического региона. На его территории, объединяющей северные районы Норвегии, Швеции, Финляндии и России, сконцентрированы как реальные, так и потенциальные источники радиоактивного загрязнения: функционируют и проектируются новые атомные электростанции, располагаются базы атомных подводных лодок и ледоколов, хранилища отработавшего ядерного топлива, в прилегающих территориальных водах находятся захоронения радиоактивных отходов. Произошедшая в 2011 г. авария на японской АЭС «Фукусима-1» в очередной раз показала реальность рисков крупномасштабных аварий и трансграничного радиоактивного загрязнения.

В период 2011–2014 гг. ММБИ КНЦ РАН участвовал в реализации финско-российско-норвежского проекта «Развитие сети сотрудничества по охране окружающей среды и радиационным исследованиям Европейской Арктики (CEEPRA)», финансируемого программой Kolarctic. Проект состоял из пяти взаимосвязанных рабочих направлений: «Наземная среда», «Морская среда», «Атмосфера», «Социальное воздействие» и «Осведомленность общественности».

В рамках направлений «Наземная среда» и «Морская среда» проведены исследования современных уровней радиоактивного загрязнения наземных и морских экосистем Евро-Арктического региона.

Отбор проб основных элементов наземных экосистем осуществлялся практически одновременно на территории финской Лапландии, Мурманской области и норвежских провинций Тромс и Финнмарк.

Поверхностная активность ^{137}Cs в почвах исследованных районов варьировала в широких пределах от 100 до 1100 Бк/м^2. Наиболее высокие значения были отмечены на территории национального парка Дивидален (Норвегия) и вблизи н/п Дальние Зеленцы (Россия). При этом средние значения активности изотопа цезия в почвах Мурманской области и северных провинций Финляндии и Норвегии существенно не отличались.

Лишайники способны активно аккумулировать различные радионуклиды из внешней среды и выступать в качестве растений-индикаторов радиоактивного загрязнения. Удельная активность ^{137}Cs в лишайниках Евро-Арктического региона варьировала в пределах от 1 до 115 Бк/кг сух. массы. Среднее содержание радионуклида в одном из наиболее распространенных видов лишайников Кладонии звездчатой составило 35 Бк/кг сух. массы.

Исследования дикорастущих ягод показали, что ягоды, произрастающие в международном заповеднике Пасвик (Норвегия, Россия), характеризуются несколько более высокими уровнями накопления ^{137}Cs. Удельные активности изотопа в чернике и бруснике на территории заповедника достигали значений 92 и 45 Бк/кг сух. массы соответственно. Среди съедобных ягод наибольшие количества радионуклидов цезия аккумулирует морошка. Почвы болотистых районов, где произрастает ягода, отличаются низким содержанием калия, что способствует повышенному накоплению его химического аналога – цезия до 150–200 Бк/кг сух. массы.

Распределение содержания радионуклидов в дикорастущих грибах исследуемых районов крайне неоднородно. Анализ уровней загрязнения наиболее распространенных видов грибов показал, что самые высокие концентрации радиоцезия содержались в грибах сем. Кортинариевые (более 1200 Бк/кг сух. массы), а самые низкие – в грибах сем. Болетовые (в среднем 150 Бк/кг сух. массы).

Сравнение существующих уровней содержания искусственных радионуклидов в почвах, дикорастущих грибах и ягодах с аналогичными данными предыдущих лет показал, что на всей территории Евро-Арктического региона наблюдается устойчивое снижение радиоактивного загрязнения всех элементов наземных экосистем. Удельная активность основного дозообразующего радионуклида ^{137}Cs в ягодах и грибах не превышает предельно допустимых уровней для пищевых продуктов. Расчет доз внутреннего облучения человека за счет потребления дикорастущих ягод и грибов показал, что с точки зрения радиационной гигиены употребление в пищу «продуктов леса», собранных в северных районах России, Финляндии и Норвегии, абсолютно безопасно.

Морские исследования в рамках проекта охватывали такие районы, как: разрез «Кольский меридиан» в Баренцевом море, прибрежные районы архипелагов Шпицберген и Новая Земля, а также губы и заливы Кольского полуострова.

Современный спектр искусственных радионуклидов в элементах морских экосистем представлен главным образом изотопами ^{137}Cs и ^{90}Sr, другие радионуклиды встречаются лишь локально – вблизи ядерных объектов. Цезий-137 распределен в водах Баренцева моря очень равномерно. Среднее содержание радионуклида составляет около 2 Бк/м^3. По сравнению с ^{137}Cs изотоп ^{90}Sr в водах Баренцева моря распределен более неравномерно. Атлантические воды выделяются повышенным содержанием ^{90}Sr. В юго-восточном секторе моря, где атлантическая водная масса значительно трансформирована, концентрация ^{90}Sr снижена и составляет менее 1 Бк/м^3.

В настоящее время радиоактивное загрязнение донных отложений находится на очень низком уровне. Удельная активность ^{137}Cs в осадках варьирует от 1 до 8 Бк/кг, а ^{90}Sr не превышает 4 Бк/кг. В целом для донных отложений Баренцева моря характерно предсказуемое распределение радионуклидов. Минимальные уровни накопления радиоизотопов наблюдаются в открытых районах моря, более высокие – типичны для всех желобов и впадин шельфа. Современные уровни загрязнения открытых районов моря изотопами ^{239,240}Pu также очень низки, не более 3 Бк/кг. Самым загрязненным районом Баренцева моря является акватория губы Черная на Новой Земле, где активность ^{239,240}Pu в донных отложениях местами достигает уровней более 8000 Бк/кг.

Исследования водорослей-макрофитов Баренцева моря показали, что для всех видов характерны предельно низкие концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr. В одном образце ламинарии (Кольский залив вблизи мыса Мишуков) обнаружены следовые количества ^{134}Cs и ^{152}Eu, что связано с влиянием местных источников. В мягких тканях двустворчатых моллюсков и различных видах рыб Баренцева моря удельная активность ^{137}Cs не превышала 0,5 Бк/кг сыр. массы.

Анализ многолетней динамики радиоактивного загрязнения воды, донных отложений и биоты Баренцева моря показал, что за счет естественных океанологических процессов и радиоактивного распада активность искусственных радионуклидов многократно снизилась по сравнению с периодом 1960-х гг. и достигла к настоящему времени минимальных значений, возможных в «ядерную эпоху».

В рамках рабочего направления «Атмосфера» проводились как работы по мониторингу радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, так и работы, связанные с математическим моделированием распространения радионуклидов в случае двух гипотетических радиационных аварий: аварии на плавучей атомной станции в Баренцевом море и аварии на строящейся атомной электростанции Ханхикиви в Финляндии (табл. 1).

Уже во второй половине марта 2011 г. на севере Финляндии, Норвегии и России, а также на архипелаге Шпицберген в атмосферных аэрозолях были зарегистрированы продукты деления ядерного топлива (^{131}I, ^{132}I, ^{137}Cs, ^{132}Te и др.) от аварии на АЭС «Фукусима-1». Например,

в Мурманской области концентрации ^{131}I в атмосферном воздухе достигали значений $220 \cdot 10^{-6}$ Бк/м^3, при этом изотопы ^{134}Cs, ^{132}Te, ^{137}Cs отмечались лишь эпизодически. Поступление радионуклидов в атмосферу из аварийных выбросов не вызвало заметных изменений мощности экспозиционной дозы γ-излучения. Ее величина оставалась на уровне среднемноголетней нормы как в марте 2011 г., так и в последующие месяцы.

Таблица 1. Некоторые параметры гипотетических радиационных аварий

	Авария на плавучей атомной электростанции в Баренцевом море	Авария на проектируемой атомной электростанции в Финляндии
Место	Штокмановское газоконденсатное месторождение, 73 N, 44 E	мыс Ханхикиви, 64°32’ N, 24°15’ E
Начало аварии	3 апреля 2013 г., 06:00:00 (UTC)	3 июля 2010 г., 00:00:00 (UTC)
Продолжительность выброса	2 часа	Мгновенное высвобождение после отключения
Выброс ^{137}Cs	$8{,}83 \cdot 10^{13}$ Бк или 1 % радионуклидов с АЭС	$1{,}04 \cdot 10^{16}$ Бк или 2 % от запаса радионуклидов в реакторе
Эффективная высота выброса		200 м над уровнем моря

Моделирование атмосферного переноса радионуклидов от аварии на плавучей атомной станции в Баренцевом море показало, что воздействие аварии будет иметь локальный характер. Пострадают только люди, работающие на станции. Активность радиоактивного облака, достигшего материка, будет очень низка.

Согласно результатам моделирования последствия аварийного выброса АЭС Ханхикиви будут более ощутимыми. Загрязнению через атмосферные выпадения подвергнутся значительные территории Финской Лапландии, Северной Норвегии и Кольского полуострова. Важнейшие районы проживания населения, туристические центры, а также районы оленеводства окажутся в зоне загрязнения. Баренцево и Белое моря также окажутся под влиянием аварии.

С помощью компартментальной модели Баренцева и Белого морей выполнены расчеты содержания ^{137}Cs в воде, взвеси и донных отложениях после гипотетических аварий.

В случае аварии на плавучей атомной станции ощутимые различия относительно ранее сформировавшегося уровня загрязнения воды Баренцева моря цезием-137 будут наблюдаться только в верхнем (до 25 м) слое и только для растворенной формы радионуклида. Объемная активность ^{137}Cs в районах воздействия аварии увеличится в два раза. Однако через 4–5 месяцев после аварии концентрации возвратятся к фоновым значениям.

В результате аварийного выброса АЭС Ханхикиви активность ^{137}Cs в поверхностном слое воды вдоль всего побережья Кольского полуострова повысится до уровней в несколько сотен Бк/м^3. Загрязнение воды в более глубоких слоях будет менее значительным – 20–60 Бк/м^3. Через год после аварии прибрежные воды Мурмана почти полностью очистятся от радионуклида, но поверхностный слой воды Белого моря останется загрязненным – около 160 Бк/м^3. Самоочищение водных масс Белого моря до уровня 20 Бк/м^3 произойдет только через 4–5 лет после аварии. Повышение концентрации цезия в придонных слоях воды и донных отложениях будет не настолько существенным.

В рамках рабочего направления «Социальное воздействие» выполнена оценка воздействия ядерных аварий на общественное мнение. Результаты социологического исследования, проведенного посредством интервьюирования населения, предпринимателей, представителей турбизнеса и других экспертов показали, что социальные последствия аварии, а именно ухудшение имиджа региона, окажутся более значительными, чем последствия фактического физического воздействия. Восстановление изменившегося отношения людей к исследуемой территории потребует гораздо большего времени, чем физическое восстановление окружающей среды.

Страх и беспокойство людей в случаях радиационных аварий можно значительно снизить путем распространения доступной информации еще до возникновения чрезвычайной ситуации. С этой целью в рамках рабочего направления «Информирование общественности» в России, Норвегии и Финляндии проведены открытые семинары, на которых широкому кругу общественности представлена актуальная информация о современном состоянии радиоактивного загрязнения окружающей среды, радиационной защите и безопасности.

МНОГОМЕРНОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧЁРНОГО МОРЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Н.Ф. Кириленко[1], В.П. Евстигнеев[1, 2]

[1]Севастопольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Севастополь, Россия
[2]Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
kyrylenkonatalya@gmail.com

Введение. Дистанционное спутниковое зондирование морской поверхности океанов и морей является динамически развивающимся направлением океанографии последних десятилетий. Системы усвоения спутниковой информации являются важнейшим элементом верификации и валидации численных глобальных и региональных моделей атмосферной и океанической циркуляции [Korotaev et al., 2011]. В последнее время использование спутниковой информации стало неотъемлемой частью исследований морских экосистем и факторов, обусловливающих их функционирование [McQuatters-Gollop et al., 2008; Staneva et al., 2010]. Действующие в настоящее время спутниковые спектрорадиометрические сканеры позволяют проводить дистанционные наблюдения за рядом биооптических характеристик поверхности моря (содержание хлорофилла a Chla, показатель обратного рассеяния b_{bp}, поглощение света растворенным органическим веществом и детритом CDM) на основании спектра восходящего излучения с поверхности моря. Вследствие действия ряда факторов, таких как наличие облачности, ошибки алгоритма атмосферной коррекции и пр., карты полей оптических показателей содержат участки потерянной информации (узлы сетки с отсутствующими значениями).

Целью настоящего исследования является реконструкция полей Chla поверхностного слоя Чёрного моря по спутниковым данным путем восстановления участков потерянной информации методом DINEOF, основанном на использовании ЭОФ-разложения.

Данные, использованные в работе. Наиболее ранние сведения о состоянии поверхности моря были получены по данным сканера SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) о цветности моря в 1997 г., проработавшего до 2010 г. Позже с 2002 г. на орбите заработал более совершенный сенсор MERIS (вплоть до апреля 2012 г.) и MODIS, а с января 2012 г. VIIRS, который наряду с MODIS функционирует на орбите по сей день. Так, в рамках проекта GlobColour Европейского космического агентства (ESA) по данным сканеров SeaWiFS, MODIS, MERIS, VIIRS были получены поля (Chla, b_{bp}, CDM), объединенные по каждому параметру методом Garver – Siegel – Maritorena (GSM) [Maritorena et al., 2010]. Архив полей за период 1997–2015 гг. представлен в единой сетке пространственного разрешения ~4 км и доступен для скачивания на сайте www.globcolour.info. В настоящей работе мы использовали среднемесячные поля Chla, b_{bp}, CDM для района Чёрного моря.

Методика восстановления полей биооптических параметров. Метод эмпирических ортогональных функций повсеместно используется для анализа гидрометеорологических полей высоких пространственно-временных размерностей [Taylor et al., 2013]. На основании ЭОФ-разложения разработан метод восстановления данных, известный также под акронимом DINEOF (Data Interpolating Empirical Orthogonal Functions) [Alvera-Azcarate et al., 2005]. Опишем вкратце этот метод.

Представим содержащие пропуски поля измеряемого параметра за весь период лет в виде пространственно-временной матрицы $\boldsymbol{X} = x_{ij}$, где $i = 1...M$ – индекс времени, а $j=1...N$ – (пространственный) индекс узловых точек поля рассматриваемой биооптической характеристики. На первом этапе пропущенные значения заполняются неким числом,

являющимся начальным приближением. В случае нормализованных положительно определенных полей в качестве такого приближения используют 0. Далее такая матрица (точнее ее ковариационная матрица) подвергается разложению на эмпирические ортогональные моды, из которых только первая ведущая мода используется для замены в матрице X пропущенных значений. На следующем шаге итерации уже новая модифицированная матрица $\overline{X}$ подвергается разложению для последующей замены отсутствующей информации с использованием первой лидирующей моды. Эта процедура повторяется до тех пор, пока отклонение ошибки интерполяции не станет меньше некоторого допустимого порога ε (в нашей работе принята $\varepsilon = 1\times10^{-6}$). На третьем этапе алгоритма вся процедура первых двух шагов повторяется, но с использованием уже двух лидирующих ЭОФ-мод и так далее до тех пор, пока добавление новой ЭОФ уже принципиально не улучшит результата восстановления, т.е. ошибка интерполяции будет изменяться в пределах все того же заданного заранее порога ε. Указанная интерполяционная ошибка определяется в процессе кросс-валидации результатов расчета. Для этого до запуска алгоритма из всего массива данных $\boldsymbol{X}$ случайным образом формируется тестовая выборка из 1 % (но не менее 30) непустых точек (т.е. тех, в которых есть данные о хлорофилле), значение хлорофилла в которых помечается как отсутствующее. Далее на каждом итерационном шаге алгоритма для этой тестовой выборки рассчитывается среднеквадратическая разность (RMSE) между реальным значением биооптического параметра и восстановленным с помощью набора ЭОФ. Отклонение текущего RMSE от значений на предыдущем шаге итерации сравнивается с порогом ε для определения сходимости алгоритма. Надо понимать, что точность восстановления поля и необходимый для этого набор ЭОФ зависит от тестовой выборки. Следовательно, качество восстановления данных можно повысить, если описанный выше алгоритм DINEOF применить для определенного набора тестовых выборок. Осредненная по всем наборам ошибка является более эффективной оценкой точности восстановления полей рассматриваемой величины. Такой метод получил название кросс-валидации Монте-Карло. В нашей работе было сгенерировано 100 тестовых выборок, используемых для кросс-валидации. Кроме того, выбранные биооптические параметры являются положительно определенными величинами. В этой связи в работе использовались логарифмически преобразованные (натуральный логарифм) поля Chla, b_{bp}, CDM.

Результаты расчетов. Несмотря на неисчерпаемый потенциал спутникового зондирования как альтернативы традиционным способам извлечения данных о состоянии поверхности Земли, использование спутниковых массивов ограничено вследствие потери части информации. Для полей биооптических параметров поверхностного слоя Чёрного моря месячного обобщения, выбранные из массива ESA, основные потери информации приходятся на холодное полугодие (рис. 1). Наименее полный объем данных (V, %) отмечен для периода 1997–2002 гг., когда на орбите функционировал только один из сканеров SeaWiFS. Далее в течение периодов 2003–2006 гг. и 2012–2015 гг. полнота данных о Chla, b_{bp}, CDM практически не опускалась ниже 85–90 %. В 47–50 из 220 (массив месячных полей для каждого из параметров за период с сентября 1997 г. по декабрь 2015 г.) случаев объем потерянной информации достигал значений от 10 до 35 %, причем наибольшие потери относятся к зимним месяцам. Как видно из рис. 1, более 20 % информации о параметрах теряется на Северо-Западном шельфе, по крайней мере для месяцев зимнего сезона. Хотя именно в этой зоне Чёрного моря отмечается наибольшая сезонная изменчивость исследуемых параметров.

При увеличении числа ЭОФ, используемых для восстановления, ошибка восстановления существенно уменьшается особенно на первых этапах реализации алгоритма. Однако после некоторого критического числа ЭОФ добавление новой моды не изменяет и даже ухудшает качество реконструкции. Это критическое число является порогом, определяющим оптимальный для восстановления набор ЭОФ. Для оценки величины ошибки RMSE была проведена кросс-валидация на 100 тестовых выборках «непустых» пространственно-временных точек полей Chla, b_{bp}, CDM. На основе полученной выборки средняя оценка RMSE составила 0,53 мг/м^3, 0,0287 м$^{-1}$ и 0,0028 м$^{-1}$, соответственно.

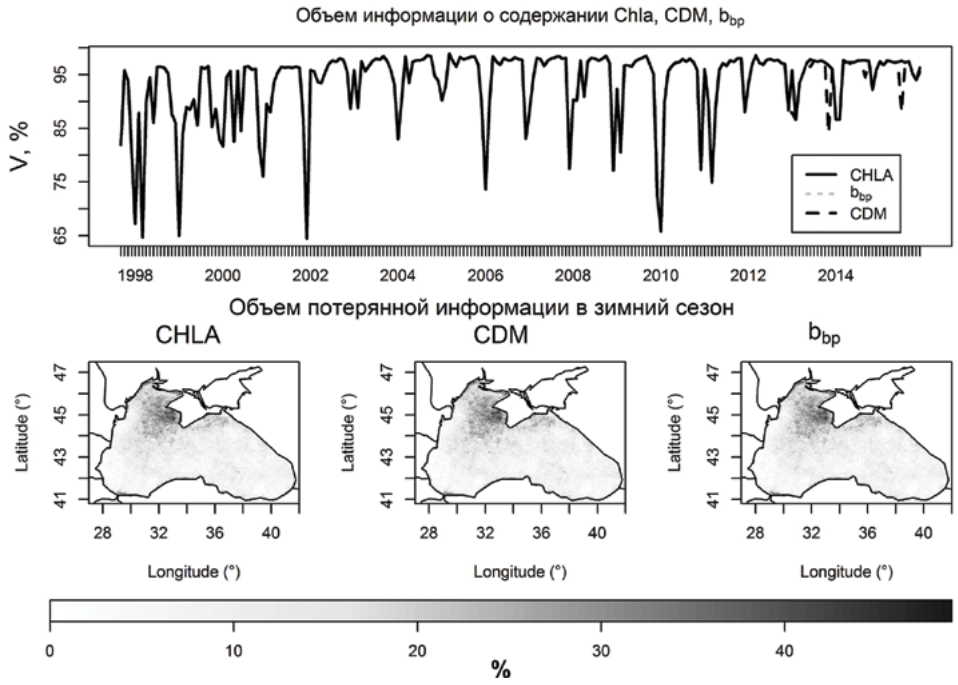


Рис. 1. Объем информации о Chla, b_{bp}, CDM в Чёрном море по данным цветовых сканеров

Как правило, лидирующая мода ЭОФ-разложения отражает сезонную изменчивость океанологических параметров, на которую приходится подавляющая доля дисперсии. На этом фоне другие ЭОФ, описывающие мелкомасштабные особенности полей, могут быть недостаточно разрешены и, как следствие, не влиять на ход реконструкции полей. Удаление сезонного хода в каждой узловой точке, характерного практически для всех океанологических параметров, существенно повышает качество ЭОФ-разложения [McQuatters-Gollop et al., 2008]. В настоящей работе была проведена реконструкция полей сезонных аномалий Chla, b_{bp} CDM путем вычитания из значений параметра в каждой узловой точке его среднемноголетней величины и нормализации аномалии на стандартное отклонение параметра. Среднемноголетние средние и стандартные отклонения рассчитывались отдельно для каждого месяца.

Диапазон разброса ошибок RMSE восстановления преобразованных таким образом полей Chla и b_{bp}, полученный на основе 100 тестовых выборок, оказался несколько смещен в сторону меньших RMSE в отличие от случая восстановления исходных лог-полей. Вследствие этого осредненная ошибка RMSE составила значение 0,47 мг/м^3 и 0,00274 м$^{-1}$, соответственно. Для CDM исключение сезонного хода не привело к положительному результату – ошибка RMSE составила 0,0292 м$^{-1}$, т.е. оказалась несколько выше, чем в случае исходных лог-полей.

Выводы. Восстановление пространственных полей методом DINEOF имеет ряд преимуществ перед стандартными методами, прежде всего, в быстроте реализации алгоритма. Использование ковариационной матрицы при этом позволяет использовать большую часть заключенной в массиве данных информации об изменчивости биооптических параметров. На основе этой методики в работе была осуществлена реконструкция спутникового массива осредненных за месяц биооптических параметров Chla, b_{bp}, CDM поверхностного слоя Чёрного моря за период 1997–2015 гг. Определено, что для более точного восстановления полей Chla и b_{bp} требуется предварительное удаление сезонного хода.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00466.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Alvera-Azcarate A., Barth A., et al. Reconstruction of incomplete oceanographic data sets using empirical orthogonal functions: application to the Adriatic Sea surface temperature. *Ocean Modelling*. 2005. Vol. 9. P. 325–346.
Korotaev G.K., et al. Development of Black Sea nowcasting and forecasting system. *Ocean Sci*. 2011. Vol. 7. P. 629–649. doi: 10.5194/os-7-629-2011, 2011
Maritorena S., Hembise Fanton d'Andon O., et al. Merged Satellite Ocean Color Data Products Using a Bio-Optical Model: Characteristics, Benefits and Issues. *Remote Sensing of Environment*. 2010. Vol. 114. P. 1791–1804.
McQuatters-Gollop A., Mee L.D., et al. Non-linearities, regime shifts and recovery: The recent influence of climate on Black Sea chlorophyll. *J. Mar. Sys.* 2008. Vol. 74. P. 649–658.
Staneva J., Kourafalou V., Tsiaras K. Seasonal and Interannual Variability of the North-Western Black Sea Ecosystem. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* 2010. Vol. 21. No 1. P. 163–180.
Taylor M.H., et al. On the sensitivity of field reconstruction and prediction using Empirical Orthogonal Functions derived from gappy data. *J. Climate.* 2013. Vol. 26. P. 9194–9205.

ВИДЫ-ВСЕЛЕНЦЫ В ФИТОПЛАНКТОНЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ

Г.В. Ковалева

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
kovaleva@ssc-ras.ru

В последнее десятилетие проблеме проникновения чужеродных видов (инвазий) закономерно уделяется большое внимание. Однако, как это часто случается с популярной в научном сообществе темой, за «информационным шумом» порой сложно найти достоверную информацию для того, чтобы представить себе реальный масштаб проблемы.

Попытка критического обзора публикаций, в которых содержится информация о чужеродных видах микроскопических водорослей, выявила целый ряд нерешенных проблем:

– следует ли каждую находку нового для бассейна вида считать вселенцем, поскольку многими исследователями признается, что видовое разнообразие флоры микроводорослей растет пропорционально количеству исследователей и техническому прогрессу в микроскопии?
– следует ли принимать за неопровержимый факт любое упоминание о новом виде-вселенце, не имеющее в качестве подтверждения микрофотографий (предпочтительно с использованием сканирующей электронной микроскопии)?
– можно ли делать выводы о «чужеродном» происхождении вида без географического анализа и уточнения основного ареала обитания вида?

Перечисленные выше вопросы далеко не надуманные, поскольку, как показал наш анализ, публикации по данному вопросу изобилуют неподтвержденными, а зачастую и противоречащими друг другу фактами. Например, приводятся данные о «новых для водоема» видах, несмотря на наличие более ранних публикаций с указанием на их обнаружение, или происходит многократное повторное «обнаружение» вселенцев.

В качестве подтверждения обозначенных выше проблем можно привести несколько примеров. В одном из первых сборников, посвященных проблеме видов-вселенцев [Виды-вселенцы ... 2000], опубликована статья, в которой приводятся сведения об инвазионных видах в Азовском и Чёрном морях [Щадрин, 2000]. Из микроскопических водорослей в сообщении упоминаются только три вида: *Mantoniella squamata* (Prasinophycea), *Asterionella japonica* и *Thalassiosira nordenskioeldii* (Bacillariophyta). Несмотря на то что в качестве литературного источника для последнего вида указано «Сеничева, устное сообщ.», упоминание о *Thalassiosira nordenskioeldii* в качестве вселенца перекочевало в более поздние публикации [Ясакова, 2007; Vershinin, 2008]. Кроме ссылки на устное сообщение прочих доказательств о находках этого вида нет.

На сайте ФГУП «КаспНИРХ» в разделе «Виды-вселенцы в Каспийское море» [www.kaspnirh.ru] обнародована информация о том, что «весной 2004 г. в Северном Каспии старшим научным сотрудником лаборатории гидробиологии ФГУП «КаспНИРХ», к.б.н. О.В. Терлецкой был зарегистрирован стихийный азово-черноморский вселенец *Plagiotropis lepidoptera* (Greg.) Kuntze (его современное название – *Tropidoneis lepidoptera* (Greg.) Cl.). Сведения о «стихийном вселенце» также перекочевали в печатные работы [Терлецкая, 2008; Ардабьева, 2008; Карпинский, 2009, 2010]. Но еще более 35 лет назад, в монографии по бентосным диатомовым Каспийского моря Н.И. Караева [1972] уже указала в списке видов Plagiotropis lepidoptera, упомянув, что он был встречен и ранее [Киселев, 1938, 1940; цит. по: Караева, 1972, с. 175]. Кроме того, А.И. Прошкина-Лавренко [1963] указывала, что помимо Чёрного и Азовского морей вид часто встречается вдоль всего побережья Европы, от Северного до Средиземного моря, и поэтому считать его «азово-черноморским вселенцем», как и вообще инвазионным видом, – не корректно.

О вселении в Каспийское море еще одного чужеродного вида диатомовых – *Chaetoceros peruvianus* практически одновременно стало известно из трех источников. По данным ФГУП «КаспНИРХ» «представитель азово-черноморской флоры» *Chaetoceros peruvianus* впервые

зафиксирован как в Среднем, так и в Южном Каспии в октябре 2007 г.» [Виды-вселенцы в Каспийском море; Татаринцева и др., 2007]. Сотрудники ИО РАН в том же в 2007 г. [Паутова и др., 2007: цит. по: Паутова и др., 2009] опубликовали работу, где «…*Chaetoceros peruvianus* приводится нами впервые как новый для Каспийского моря вид». К сожалению, третья публикация [Фуштей, 2005], в которой сообщалось о находке *Chaetoceros peruvianus* (включая микрофотографии) в южном Каспии в мае 2004 г., – осталась не замеченной указанными выше исследователями. Но именно благодаря этой работе [Фуштей, 2005] в монографической сводке 2006 г., посвященной семейству Chaetocerotales [Диатомовые водоросли … 2006], появилось упоминание, что *Chaetoceros peruvianus* Bright. встречен в Каспийском море.

Аналогичная ситуация сложилась с еще одним представителем рода *Chaetoceros*, которого тоже можно рассматривать в качестве «вселенца» в Азовское и Чёрное моря. Первое упоминания о находке *Chaetoceros throndsenii* (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone было сделано еще в 2002 г. [Ковалева, Гринченко, 2002]. Эта публикация послужила основанием включить этот новый вид в монографию [Диатомовые водоросли … 2006], а затем опубликовать подробную таксономическую статью [Гогорев, Ковалева, 2010]. Несмотря на то что в статье [Гогорев, Ковалева, 2010] уже было упомянуто о нахождении этого вида в Черном море, вскоре была сделана очередная попытка описать развитие «нового» для Чёрного моря вида фитопланктона [Силкин и др., 2011].

В список «впервые обнаруженных» [Ясакова, 2007] видов попал и *Alexandrium ostenfeldii* (Paulsen) Balech et Tangen [Vershinin, 2008]. Но по имеющимся в литературе данным этот вид был найден в Черном море еще в 50–60-х гг. прошлого века [Киселев, 1950; Иванов, 1965: цит. по: Рябушко, 2003].

Для составления списка микроводорослей (табл. 1), которые упоминались разными авторами в качестве вселенцев в Азовское, Чёрное и Каспийское моря, – использовали следующие литературные источники: [Рябушко, 2003; Терлецкая, 2008; Карпинский, 2009, 2010; Вселенцы… 2010; Bodeanu, Ruta, 1998; Vershinin, 2008, и пр.]. В список (табл. 1) были включены новые виды, которые были обнаружены в течение последних 20–30 лет. Преимущественно в список включали виды, чей основной ареал обитания находится вне пределов Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов. Несомненно, что данный список может содержать неточности и не является максимально полным, но тем не менее это первая попытка систематизировать и обобщить опубликованные на данный момент литературные данные.

Таблица 1. Список микроводорослей, выявленных во флоре Азовского, Черного и Каспийского морей, которые могут рассматриваться в качестве вселенцев

Таксономическое название	Море	Год первого обнаружения[1]	Литературный источник	Примечания
Prasinophycea (Chlorophyta)				
Mantoniella squamata Manton et Parke	Чёрное	1980-е гг.	[Mihnea, 1997; Vershinin, 2008]	Происхождение неизвестно
Pyramimonas glossii Parke	Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Ковалева, 2008]	Происхождение неизвестно
Chrysophyta				
Apedinella spinifera (Throndsen) Throndsen	Чёрное, Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Ковалева, 2008; Вселенцы … 2010]	Предположительно атлантического происхождения. Встречен в Атлантическом и Тихом океанах, Средиземном, Черном и Азовском морях. Неоднократно наблюдалось «цветение» воды, вызванное массовым развитием вида

[1] Год вселения – указан ориентировочно, по факту первого обнаружения в водоеме

Продолжение таблицы 1

Таксономическое название	Море	Год первого обнаружения[1]	Литературный источник	Примечания
Chrysochromulina pontica Rouch.	Чёрное	1964 г.	[Роухияйнен, 1966; Рябушко, 2003]	Происхождение неизвестно
Ochromonas oblonga N. Carter	Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Ковалева, 2008; Вселенцы … 2010]	Происхождение неизвестно
Haptopyta				
Phaeocystis pouchetii Hariot	Черное	1989 г.	[Petrova-Karadjova 1990; Bodeanu, Ruta, 1998; Vershinin, 2008; Ясакова, 2010]	Возможно, ошибочно отнесен к вселенцам. Космополитный вид
Raphydophyta				
Chattonella subsalsa Biecheier	Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Вселенцы … 2010]	Возможно средиземноморского происхождения
Heterosigma inlandica Hada	Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Вселенцы … 2010]	Происхождение неизвестно
Heterosigma akashiwo (Hada) Hada	Чёрное Азовское	1999–2001 гг.	[Ковалева, Оноприенко, 2001; Вселенцы … 2010]	Происхождение неизвестно
Bacillariophyta				
Asterionellopsis glacialis [Castracane) Round (=*Asterionella glacialis* Castracane, *Asterionella japonica* Cleve)	Чёрное	1968–1969 гг.	[Сеничева, 1971; Вселенцы … 2010; Рябушко, 2003; Ясакова, 2010]	Возможно, ошибочно отнесен к вселенцам. Вид космополитный, широко распространен в неритической зоне морей
Bacteriastrum hyalinum Lauder	Азовское Чёрное	1980-е гг. 1997 г. 2006 г.	[Студеникина и др., 1999; Макаревич и др., 2000; Ясакова, 2007; Вселенцы … 2010]	Вероятно, средиземноморского происхождения
Cerataulina pelagica (*Cleve*) *Hendey* (= *Cerataulina bergonii* (H. Peragallo) Schütt)	Каспийское	2001 г.	[Ардабьева, 2008; Карпинский, 2010]	Предположительно черноморского происхождения
Chaetoceros minimus (Lev.) Marino et al.	Азовское	2001 г.	[Ковалева, Гринченко, 2002; Гогорев, Ковалева, 2010]	Происхождение неизвестно
Chaetoceros similis Cl.	Азовское	2001 г.	[Ковалева, Гринченко, 2002; Гогорев, Ковалева, 2010]	Происхождение неизвестно
Chaetoceros pendulus Karsten	Каспийское	2004 г.	[Ардабьева и др., 2005; Ардабьева, 2008; Терлецкая, 2008; Татаринцева, 2008; Карпинский, 2010]	Происхождение неизвестно

Продолжение таблицы 1

Таксономическое название	Море	Год первого обнаружения[1]	Литературный источник	Примечания
Chaetoceros minutissimus Makar. et Pr.-Lavr.	Азовское	1995 г.	[Ковалева, 1996; Диатомовые водоросли … 2006; Вселенцы … 2010]	Вероятно, вселение из Каспийского моря
Chaetoceros peruvianus Brightwell	Каспийское	2004–2007 гг.	[Фуштей, 2005; Ардабьева, 2008; Паутова и др., 2009; Карпинский, 2010]	Предположительно черноморского происхождения
Chaetoceros tenuissimus f. *beisugensis* Kovaleva et Gogorev	Азовское	2001 г.	[Ковалева, Гринченко, 2002; Гогорев, Ковалева, 2010]	Идентификация в СЭМ[2]. Новая форма, отличающаяся от типовой
Chaetoceros throndsenii (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone	Азовское, Черное море Чёрное	2001 г. 2005 г.	[Ковалева, Гринченко, 2002; Диатомовые водоросли … 2006; Гогорев, Ковалева, 2010; Силкин и др., 2011]	Идентификация в СЭМ. Вероятно, занесен из Атлантики (Мексиканский залив), но распространился в европейских морях (Норвежском, Балтийском, Средиземном, Адриатическом, Чёрном и Азовском)
Chaetoceros tortissimus Meunier	Чёрное	2001 г.	[Вершинин, Морушков, 2003; Vershinin, 2008]	Идентификация в СЭМ. Происхождение не установлено
Ditylum brightwellii (T. West) Grunow	Каспийское	2007 г.	[Карпинский, 2010]	Вероятно, азово-черноморское происхождение
Lioloma pacificum (Cupp) Hasle (=*Thalassiothrix mediterranea* var. *pacifica* Cupp)	Чёрное		[Вселенцы … 2010; Ясакова, 2010]	Происхождение не установлено
Pseudo-nitzschia inflatula Hasle	Чёрное		[Вселенцы… 2010]	Происхождение не установлено
Pseudo-nitzschia multiseries (Hasle) Hasle	Чёрное	1997 г.	[Davidovich, Bates, 1998; Теренько, Теренько, 2008; Vershinin, 2008]	Идентификация в СЭМ. Без идентификации в СЭМ могла быть ошибочно определена как *P. seriata*
Pseudonitzschia pungens Hasle	Чёрное	2003 г.	[Vershinin et al., 2005; Теренько, Теренько, 2008; Vershinin, 2008]	Идентификация в СЭМ. Без идентификации в СЭМ могла быть ошибочно определена как *P. seriata*
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) Sundström (=*Rhizosolenia calcar-avis* Schultze)	Каспийское	1934 г.	[Яшнов, 1938; Усачев, 1948; Зенкевич, 1963; Ардабьева, 2008; Карпинский, 2010]	Предположительно черноморского происхождения. Вторичное заселение ареала, поскольку вид известен из неогеновых отложений на территории современного Каспийского моря [Прошкина-Лавренко, 1963]
Thalassiosira nordenskjoldi Cleve	Чёрное	1986 г.	[Щадрин, 2000; Vershinin, 2008]	Обнаружение этого вида – сомнительно

[2] СЭМ – сканирующий электронный микроскоп.

Продолжение таблицы 1

Таксономическое название	Море	Год первого обнаружения[1]	Литературный источник	Примечания
Tropidoneis lepidoptera (Greg.) Cl. (=*Plagiotropis lepidoptera* (Greg.) Kuntze)	Каспийское	1938 г. 2004 г.	[Киселев, 1938, 1940; Караева, 1972; Терлецкая, 2008; Карпинский, 2010]	Вероятно, отнесен к вселенцам ошибочно, был обнаружен еще в 1938 г.
Dinophyta				
Akashino sanguinea [Hirasaka) G.Hansen et Moestrup (=*Gymnodinium sanguineum* Hirasaka, *Gymnodinium nelsonii* Martin, *Gymnodinium splendens* Lebour)	Чёрное	2000 г.	[Вселенцы… 2010]	Происхождение не установлено
Alexandrium minutum Halim	Чёрное	2001 г.	[Vershinin et al., 2006; Vershinin, 2008]	Идентификация в СЭМ, Вероятней всего, средиземноморского происхождения
Alexandrium monilatum Howell, Taylor	Чёрное	1991 г.	[Moncheva, Kamburska, 2002; Vershinin, 2008]	Происхождение неизвестно
Alexandrium ostenfeldii (Paulsen) Balech et Tangen,	Чёрное	1950 г. 2006 г.	[Киселев, 1950; Иванов, 1965: цит. по Рябушко, 2003; Ясакова, 2007, 2010; по: Рябушко, 2003; Ясакова, 2007 Vershinin, 2008]	Вероятно, отнесен к вселенцам ошибочно, поскольку был обнаружен еще 1950 г.
Cochlodinium polykrikoides Margalef	Чёрное	2001 г.	[Vershinin, 2008; Теренько, 2008; Vershinin et al., 2005]	Вероятнее всего, средиземноморского происхождения
Dinophysis odiosa (Pavillard) Tai & Scogsberg (=*Prodinophysis odiosa* (Pavillard) Loeblich, *Phalacroma odiosum* Pavillard)	Чёрное	2005 г.	[Вселенцы… 2010; Ясакова, 2010]	Происхождение не установлено
Diplopsalopsis orbicularis (Paulsen)	Чёрное	2004 г.	[Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008]	Идентификация в СЭМ. Вероятней всего, средиземноморского происхождения
Gymnodinium aureolum (Hulburt) G. Hansen	Чёрное	2002 г.	[Теренько, 2008]	Юго-Восточная Азия, Юго-Западная Пацифика
Gymnodinium fuscum Ehr., Stein	Чёрное	1980-е гг.	[Vershinin, 2008; Moncheva, Kamburska, 2002]	Северо-атлантического происхождения
Gymnodinium uberrimum Kofoid et Swezy	Чёрное	1994–1999 гг.	[Moncheva, Kamburska, 2002; Рябушко, 2003; Теренько, 2008; Vershinin, 2008]	Обнаружен в Восточной Атлантике и Юго-Западной Пацифике, а также в Средиземном море

Окончание таблицы 1

Таксономическое название	Море	Год первого обнаружения[1]	Литературный источник	Примечания
Pentapharsodinium dalei Indelicato et Loeblich	Чёрное	2001 г.	[Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008]	Идентификация в СЭМ. Вероятней всего, средиземноморского происхождения
Pentapharsodinium tyrrhenicum (Balech) Montresor, Zingone et Marino	Чёрное	2001 г.	[Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008]	Идентификация в СЭМ. Вероятней всего, средиземноморского происхождения. Возможно, ранее его неверно идентифицировали, как *Scrippsiella trochoidea* или мелкоклеточные формы *Protoperidinium*
Petaludinium porselio Cashon	Чёрное	1995 г.	[Stoyanova, 1999; Vershinin, 2008]	Средиземноморского происхождения
Prorocentrum ponticus Krakhmalny et Terenko	Чёрное	2003 г.	[Krakhmalny, Terenko, 2004; Vershinin, 2008]	Новый вид. Ранее, вероятно, мог идентифицироваться как *Exuviaella perforata*
Protoperidinium conicum (Gran.) Balech (=*Peridinium conicum* (Gran) Ostenfeld et Schmid)	Каспийское	2005 г.	[Терлецкая, 2008; Татаринцева и др., 2007]; Чужеродные виды на территории России http://www.sevin.ru/invasive/index.html	Происхождение неизвестно, возможно, черноморский
Protoperidinium minutum (Kofoid) Loeblich	Чёрное	2001 г.	[Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008]	Идентификация в СЭМ. Вероятней всего, средиземноморского происхождения
Protoperidinium parthenopes Zingone et Montresor	Чёрное	2001 г.	[Vershinin, 2008; Vershinin, Velikova, 2008]	Идентификация в СЭМ. Вероятно средиземноморского происхождения.
Protoperidinium ponticum Vershinin et Morton	Чёрное	2003 г.	[Vershinin, Morton, 2005; Vershinin, 2008]	Вероятней всего, средиземноморского происхождения
Pyrocystis lunula (J. Schütt) J. Schütt	Каспийское	2006 г.	[Терлецкая, 2008; Татаринцева и др., 2007; Карпинский, 2010]	Возможно, Черноморского происхождения
Scaphodinium mirabile Margaleff	Чёрное	1995 г.	[Stoyanova, 1999; Vershinin, 2008]	Средиземноморского происхождения
Spatulodinium pseudonoctiluca Poushet, Loeblich	Чёрное	1995–2001 гг.	[Stoyanova, 1999; Vershinin, 2008; Теренько, 2008]	Восточная Атлантика – Средиземноморье. Средиземноморского происхождения

Подводя итог, следует отметить, что помимо необходимости развивать и совершенствовать технологии мониторинга инвазионных организмов назрела необходимость создания общей информационной системы, в которой могла бы накапливаться и обновляться информация об уже обнаруженных чужеродных видах. И подобные системы в России уже внедряются [Чуже-

родные виды на территории России], но информации о водорослях в них не содержится. Кроме того, в этой системе необходимо регистрировать только подтвержденные (микрофотографиями и анализом основного ареала вида) факты обнаружения вселенцев. В ином случае «информационный шум» с находками псевдоновых и псевдочужеродных видов микроводорослей – будет все увеличиваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ардабьева А.Г. Биоразнообразие фитопланктона Северного Каспия // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 16–19.

Ардабьева А.Г., Татаринцева Т.А., Терлецкая О.В., Морозюк В.В. Фитопланктон Каспийского моря в 2004 г. // *Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2004 г.* Астрахань: КаспНИРХ, 2005. С. 100–121.

Вершинин А.О., Морушков А.А. Токсичные микроводоросли в планктоне Чёрного моря // *Экология моря*. 2003. № 64. Р. 45–50.

Виды-вселенцы в европейских морях России // *Сб. науч. трудов*. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 2000. 312 с.

Виды-вселенцы в Каспийское море // ФГУП «КаспНИРХ». Сайт URL: http:www kaspnirh.ru/scientific_review/vselency

Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Чёрного морей / под ред. Г.Г. Матишова и А.Р. Болтачева. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. 114 с.

Гогорев Р.М., Ковалева Г.В. Одноклеточные виды *Chaetoceros* (Bacillariophyta) Бейсугского лимана (Азовское море) // *Ботанический журнал.* 2010. Т. 95. № 7. С. 970–977.

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран (ископаемые и современные). Т. 2. Вып. 4 / под ред. Н.И. Стрельниковой. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. 180 с.

Зенкевич Л.А. *Биология морей СССР.* М.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.

Караева Н.И. *Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря*. Баку: Изд-во ЭЛМ, 1972. 258 с.

Карпинский М.Г. *Pseudosolenia calcar-avis* (Bacillariophyta, Centrophyceae) в Каспии // *Российский журнал биологических инвазий.* 2010. № 1. URL: http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2010_1/ Karpinskiy_10_1.pdf

Карпинский М.Г. Об особенностях вселения морских видов в Каспий // *Российский журнал биологических инвазий*. 2009. № 2. URL: http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2009_2/ Karpinskiy_09_2.pdf

Ковалёва Г.В. *Chaetoceros minutissimus* Makar. et Pr.-Lavr. – новый для Азовского моря вид, доминирующий в весеннем планктоне // *Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод*. Ярославль, 1996. С. 45–46.

Ковалёва Г.В. Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 174–192.

Ковалёва Г.В., Гринченко М.А. *Chaetoceros throndsenii* (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone – новый вид в планктоне Азовского моря и Бейсугского лимана // *Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей*: тез. докл. VIII Школы диатомологов России и стран СНГ (Борок, 16–19 сент. 2002 г.). Борок, 2002. С. 5–6.

Ковалёва Г.В., Оноприенко М.П. Особенности сезонных сукцессий фитопланктона Азовского моря // *Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна*: тез. Межд. конф. Ростов н/Д, 2001. С. 97–99.

Макаревич П.Р., Любин П.А., Ларионов В.В. Основные тенденции изменчивости структуры фитопланктонных и бентосных сообществ Азовского моря // *Экология.* 2000. № 6. С. 444–448.

Паутова Л.А., Силкин В.А., Востоков С.В. Фитопланктон центральной части Среднего Каспия в 2004–2008 гг.: инвазийные и токсичные виды // *Ecological Studies, Hazards, Solutions*. 2009. Vol. 14. С. 68.

Прошкина-Лавренко А.И. *Диатомовые водоросли планктона Азовского моря.* М.-Л.: АН СССР, 1963. 190 с.

Роухияйнен М.И. Два новых вида повижных золотистых водорослей Чёрного моря // *Новости систематики низших растений.* М.-Л., 1966. С. 10–15.

Рябушко Л.И. *Потенциально-опасные водоросли Азово-Черноморского бассейна.* Севастополь: ЭКОСИ-Геофизика, 2003. 288 с.

Сеничева М.И. Состав и количественное развитие фитопланктона неритической зоны в районе Севастополя в осенне-зимний период 1968–1969 гг. // *Биология моря.* 1971. Вып. 24. С. 3–12.

Силкин В.А., Абакумов А.И., и др. Сосуществование черноморских и чужеродных видов в фитопланктоне северо-восточной части Чёрного моря. Анализ гипотез вселения // *Российский журнал биологических инвазий.* 2011. № 3. URL: http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2011_3/Silkin_11_3.pdf

Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. *Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий*. Ростов н/Д: Эверест, 1999. 175 с.

Татаринцева Т.А. Состояние фитопланктона Среднего Каспия в современных экологических условиях // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 352–354.

Татаринцева Т.А., Малиновская Л.В., и др. Гидробиологические и трофологические исследования на Каспии // *Рыбное хозяйство*. 2007. № 3. С. 72–74.

Теренько Л.М. Динофитовые водоросли Черного моря и их роль в планктонном сообществе // Современные проблемы альгологии: мат-лы междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 355–357.

Теренько Л.М., Теренько Г.В. Распространение рода *Pseudo-nitschia* (Bacillariophyta) в Черном море // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 357–362.

Терлецкая О.В. Формирование фитопланктона Южного Каспия в условиях стабилизации уровня моря // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 359–362.

Усачев П.И. Количественные колебания фитопланктона в Северном Каспии // *Труды института океанологии АН СССР*. 1948. Т. 2. С. 60–88.

Фуштей Т.В. Видовой состав и структура сообществ фитопланктона (летний сезон) // *Маныч-Чограй: история и современность (предварительные исследования)*. Ростов н/Д: Эверест, 2005. С. 66–67.

Чужеродные виды на территории России. URL: http://www.sevin.ru/invasive/index.html

Щадрин Н.В. Виды-вселенцы в Азовском и Чёрном морях: причины и последствия // *Сб. науч. трудов*. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 2000. С. 76–90.

Ясакова О.Н. Новые виды в составе фитопланктона северо-восточной части Чёрного моря // *Российский журнал биологических инвазий*. 2010. № 4. С. 90–96.

Ясакова О.Н. Токсичные и инвазионные виды в составе фитопланктона Новороссийской бухты // *Естественные и инвазионные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем*: тез. докл. междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 5–8 июня 2007 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. С. 345–346.

Яшнов В.А. Планктон Каспийского моря // *Труды I Всекаспийской науч. рыбохозяйственной конф*. М.: Пищепромиздат, 1938. С. 51–56.

Bodeanu N., Ruta G. Development of the planktonic algae in the Romanian Black Sea sector in 1981–1996. *Harmful Algae.* Paris: Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, 1998. P. 188–191.

Davidovich N., Bates S. Sexual Reproduction in the Pennate Diatoms *Pseudo-nitzschia multiseries* and *P. pseudodelicatissima* (Bacilariophyceae). *J. of Phycology*. 1998. Vol. 34. P. 126–137.

Krakhmalny A.F., Terenko G.V. *Prorocentrum ponticus* sp. nov., a new species of Dinophyta from the Black Sea. *Int. J. of Algae*. 2004. Vol. 6. P. 35–42.

Minhea M. Major shifts in the phytoplankton community (1980–1994) in the Romanian Black Sea. *Oceanologia Acta*. 1997. Vol. 20. Issue 1. P. 119–129.

Moncheva S., Kamburska L.T. Plankton stowaways in the Black Sea – impacts on biodiversity and ecosystem health. *Proc. CIESM Workshop Istanbul 2002: Alien Marine Organisms Introduced by Ships*. Monaco: CIESM, 2002. P. 47–51.

Petrova-Karadjova V. Monitoring the blooms along the Bulgarian Black Sea coast. *Rapports et Procès-Veraux des réunions, Comission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée.* 1990. Vol. 31(1). 209 p.

Stoyanova A. New representatives of *Noctilucales* in the Bulgarian Black Sea coastal waters // *Compte-rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*. Sofia, 1999. Vol. 52. P. 119–120.

Vershinin A. Phytoplankton of North-Eastern Black Sea: Composition, annual changes in community structure, and the problem of invasive species // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 403–415.

Vershinin A., Morton S. *Protoperidinium ponticum* sp. nov. (Dinophyceae) from North-East Black Sea. *Botanica marina*. 2005. Vol. 48. P. 244–247.

Vershinin A., Morton S., et al. *Alexandrium* in Black Sea: identity, ecology, toxicity. *Afr. J. Marine Sci.* 2006. Vol. 28. P. 209–215.

Vershinin A., Moruchkov A., et al. Species composition and potentially toxic algae of northeast Black Sea coastal phytoplankton in 2000–2002. *Oceanology.* 2005. Vol. 45. P. 224–232.

Vershinin A., Velikova V. New records and commonly misidentified dinoflagellates from the Black Sea // *Современные проблемы альгологии*: мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 416–431.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО ФЕНОЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СПЕРМИЕВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

М.Н. Коляда[1], В.П. Осипова[1], Н.Т. Берберова[3], Е.Р. Милаева[2], Ю.Т. Пименов[3]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[3]Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия
berberova@astu.org

В настоящее время представители реликтовой ихтиофауны, обитающие в Волго-Каспийском бассейне, осетрообразные (Acipenseriformes) подвергаются многофакторному антропогенному воздействию и находятся на грани полного исчезновения [Лепилина и др., 2010; Шипулин, 2014; Pourkazemi, 2006]. В сложившихся условиях очевидна необходимость искусственного поддержания численности естественных популяций осетровых рыб и доминирующее значение приобретает их искусственное воспроизводство.

Серьезной проблемой при использовании в рыбоводстве искусственного осеменения икры является снижение качества спермиев за счет уменьшения их концентрации, продолжительности и интенсивности движения. Для спермиев рыб характерна высокая концентрация полиненасыщенных кислот, поэтому они высокочувствительны к вредному воздействию активированных кислородных метаболитов (АКМ), способных ускорять процесс пероксидного окисления липидов (ПОЛ). Развитие окислительного стресса приводит к повреждению важных структур спермиев, прежде всего биомембран, что уменьшает их подвижность, ведет к потере жизнеспособности [Sikka, 2001]. Улучшения качественных показателей спермы можно достичь путем применения антиоксидантов, например, витамина Е и ВНТ (2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол) [Ubilla, Valdebenito, 2011].

Цель работы – изучить влияние 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенилметилендифосфоновой кислоты (МДФК) на уровень ПОЛ спермы белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758), севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) и на показатели активности спермиев (процент спермиев с прямолинейным поступательным движением и время их движения).

Опыты по влиянию добавки МДФК на уровень ПОЛ спермы русского осетра, белуги и севрюги показали, что данное соединение снижает уровень ПОЛ в сперме всех исследуемых видов осетровых, однако эффективность его антиоксидантного действия (ЭАД) для осетра, белуги и севрюги составляет 25,4; 10,7 и 23,1 соответственно. Наименьшая ЭАД характерна для белуги – самого крупного и долгоживущего вида осетровых. Следует отметить, что в половых клетках белуги интенсивность окисления липидных фрагментов наибольшая по сравнению с другими видами осетровых. Согласно результатам исследования, влияние МДФК на показатели активности спермы гидробионтов (табл. 1) также видоспецифично.

В контрольном варианте наибольший процент поступательных движений спермиев характерен для белуги, хотя уровень ПОЛ в ее половых клетках наибольший, что возможно свидетельствует о высокой резистентности сперматозоидов белуги к окислительному стрессу. Установлено, что добавка МДФК повышает процент поступательных движений спермиев севрюги, и несмотря на то, что уменьшается время их движения, можно говорить о повышении жизнеспособности половых клеток севрюги, т.к. известно, что оплодотворяющей способностью обладают спермии, способные к поступательному движению [Детлаф и др., 1981; Анисимова, Лавровский, 1983]. В присутствии МДФК увеличивается время движения спермиев русского осетра и белуги на 80 сек и 320 сек соответственно.

Таким образом, *in vitro* установлено благоприятное влияние 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенилметилендифосфоновой кислоты на показатели активности спермы, а также

выявлена видоспецифичность снижения интенсивности пероксидного окисления липидных фрагментов спермиев различных видов осетровых. Полученные данные позволят сохранить качество половых клеток самцов осетровых при длительном хранении без консервации в условиях, когда сбор спермы самцов осуществлен, а овуляция икры самок растягивается на продолжительное время.

Таблица 1. Влияние МДФК на показатели активности спермы осетровых рыб

Виды осетровых	% спермиев с поступательным движением		Время движения спермиев, сек	
	Контроль	МДФК	Контроль	МДФК
Русский осетр	70±3	70±3	600±12	680±13
Белуга	90±4	90±4	1300±20	1620±34
Севрюга	70±3	90±4	2880±45	2820±43

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (*гранты № 14-03-00578, 16-03-00334*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимова И.М., Лавровский В.В. *Ихтиология.* М.: Агропромиздат, 1983. 255 с.

Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. *Развитие осетровых рыб.* М.: Наука, 1981. 58 с.

Лепилина И.Н., Васильева Т.В., Абдусамадов А.С. Состояние запасов каспийских осетровых в многолетнем аспекте (литературный обзор) // *Юг России: экология, развитие*. 2010. № 3. С. 57–65.

Шипулин С.В. *История и современные проблемы осетрового хозяйства Волжско-Каспийского бассейна*: мат-лы расширенного заседания Ученого совета по вопросу оптимизации искусственного воспроизводства осетровых рыб. Астрахань: КаспНИРХ, 2014. С. 9–18.

Pourkazemi M. Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: Past, Present and Future. *Journal of Applied Ichthyology.* 2006. Vol. 22. P. 12–16.

Sikka S.C. Relative impact of oxidative stress on male reproductive function. *Curr. Med. Chem.* 2001. Vol. 8. P. 851–862.

Ubilla A., Valdebenito I. Use of antioxidants on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) sperm diluent: effects on motility and fertilizing capability. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 2011. Vol. 39. № 2. P. 338–343.

МАКРОЗООБЕНТОС ЗОНЫ ПСЕВДОЛИТОРАЛИ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

В.Г. Копий, Л.В. Бондаренко

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
verakopiy@gmail.com

Прибрежные участки моря относятся к зонам, для которых характерно воздействие неблагоприятных природных и антропогенных факторов. При этом поллютанты поступают не только со стороны берега, но и со стороны моря. Известно, что для зоны псевдолиторали характерны высокие показатели численности и биомассы, поэтому роль сообществ данного участка в процессах трансформации веществ и энергии существенна. Кроме этого, краевые сообщества отличаются значительными изменениями видового состава и количественных характеристик, что указывает на их нестабильность и уязвимость перед негативными антропогенными воздействиями [Зайцев, Поликарпов, 2002; Миронов и др., 2009].

Настоящая работа посвящена сравнительному анализу видового состава и количественных параметров макрозообентоса зоны псевдолиторали восточного побережья Крыма. В основу работы положены материалы, собранные в августе 2013 г. вдоль черноморского (Опукский природный заповедник, мыс Такиль) и азовского побережья Крыма (бухта Рифов, Казантипский природный заповедник (бухты Русская, Сенькина, Долгая)).

Опукский природный заповедник основан в 1998 г. Для Опукского массива характерен подвижный приморский известково-равнинный тип рельефа, обусловленный смещениями известняков по подстилающим глинам. Склоны Опука срезаны временно стабильными и активными оползнями, состоят из известняковых блоков, глин и щебнистых суглинков [Загороднюк, 2009].

Мыс Такиль находится на юго-восточной оконечности Керченского полуострова и представляет собой скалистое плато. В центральной части его имеются высокие скалистые выступы, круто обрывающиеся к морю. Мыс образован скалами сарматских известняков и почти не абрадируется.

Бухта Рифов вдается в берег между обрывистым мысом Тархан и мысом Зюк, дно покрыто илом и ракушкой [Молева, 1990].

Казантипский природный заповедник образован 12 мая 1998 г. В мелких бухточках Казантипского залива сочетаются скалистые, уходящие в глубину мыски и песчаные пляжи между ними [Зенкович, 1958].

Методика отбора и обработки бентосных проб описана в работе [Копий, Заика, 2009]. На каждой станции отбор проб осуществлялся на разрезе, расположенном перпендикулярно берегу и состоящем, в зависимости от ширины псевдолиторали, из 5–7 станций: зона ниже уреза воды на 0,5 и 1 м, урез воды и выше уреза воды на 0,5; 1,0; 1,0; 1,5 и 2 м. Пробы отбирали в двух повторностях.

В бентосных пробах зоны псевдолиторали восточного Крыма идентифицировано 28 видов макрозообентоса, относящихся к разным таксономическим категориям: Polychaeta (10 видов), Crustacea (12 видов), Mollusca (6 видов), а также не идентифицированными до вида Platyhelminthes, Nemertea, Oligochaeta, Hironomida и Ascidiidae (табл. 1).

Наибольшее видовое разнообразие зарегистрировано на м. Такиль: Polychaeta (7 видов), Crustacea (10 видов), Mollusca (6 видов), Platyhelminthes, Nemertea, Oligochaeta, только на этом участке обнаружены Hironomida и Ascidiidae (неидентифицированные до вида таксоны считали как один вид) (рис. 1).

Таблица 1. Таксономический состав макрозообентоса зоны псевдолиторали восточного побережья Крыма

Таксон	Районы					
	Бухта Рифов	Бухта Русская	Бухта Сенькина	Бухта Долгая	Мыс Такиль	Мыс Опук
Polychaeta						
Capitella capitata (Fabricius, 1780)					+	
Hediste diversicolor (Müller, 1776)					+	
Microphthalmus fragilis Bobretzky, 1872					+	
Mysta picta (Quatrefages, 1866)						+
Namanereis pontica (Bobretzky, 1872)						+
Pisione remota (Southern, 1914)					+	+
Protodrilus flavocapitatus (Uljanin, 1877)						+
Saccocirrus papillocercus (Bobretzky, 1872)					+	+
Salvatoria clavata (Claparede, 1863)					+	
Scolelepis squamata (Müller, 1806)					+	
Crustacea						
Amphibalanus improvisus (Darwin, 1854)					+	
Apherusa bispinosa (Bate, 1857)						+
Chondrochelia savignyi (Kroyer, 1842)				+	+	
Echinogammarus foxi (Schellenberg, 1928)	+	+	+	+	+	+
Eurydice pontica (Czerniavsky, 1868)	+		+		+	+
Gastro saccussanctus (Van Beneden, 1861)					+	+
Idotea balthica (Pallas, 1772)	+		+			
Lekanesphaera hookeri (Leach, 1814)	+			+	+	
Monocorophium acherusicum (Costa, 1853)	+			+	+	
Orchestia gammarella (Pallas, 1766)	+	+		+	+	
Pontogammarus maeoticus (Sovinsky, 1894)	+	+			+	
Tylos ponticus Grebnitzky, 1874	+				+	+
Mollusca						
Cerastoderma glaucum (Bruguière, 1789)					+	
Donacilla cornea (Poli, 1791)					+	+
Hydrobia acuta (Draparnaud, 1805)					+	
Mytilaster lineatus (Gmelin, 1790)					+	+
Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819)					+	
Rissoa sp.					+	
Platyhelminthes	+		+	+	+	+
Nemertea	+				+	+
Oligochaeta	+		+		+	+
Hironomidae					+	
Ascidiidae					+	

Мы предполагаем, что видовое богатство в этом районе связано с тем, что сбор проб проводили после шторма и поэтому на участке псевдолиторали обнаружены не только животные типичные для этой зоны (полихеты: *C. capitata*, *H. diversicolor*, *M. fragilis*, *M. picta*, *N. pontica*, *P. remota*, *P. flavocapitatus*, *S. papillocercus*, *S. clavata*, *S. squamata*; ракообразные: *E. foxi*, *E. pontica*,

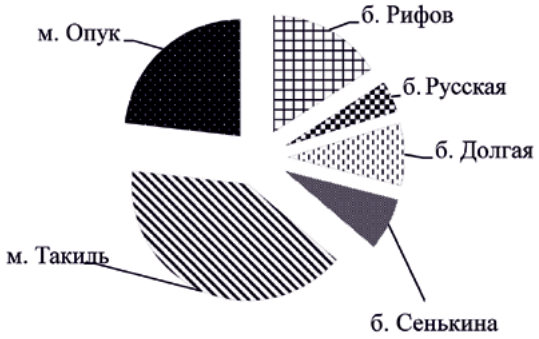


Рис. 1. Соотношение количества видов в исследуемых районах восточного побережья Крыма

G. sanctus, *I. balthica*, *L. hookeri*, *P. maeoticus*; моллюски: *D. cornea*, *H. acuta*), но и представители макрозообентоса, обычно обитающие в прибрежной зоне – ракообразные: *A. bispinosa*, *A. improvisus*, *M. acherusicum*, *C. savignyi*; моллюски: *C. glaucum*, *M. lineatus*, *M. galloprovincialis*, *Rissoa* sp. и Ascidiidae) или в зоне супралиторали – ракообразные: *O. gammarella*, *T. Ponticus* [Мокиевский, 1949; Грезе, 1985; Киселёва и др., 2009; Ковалёва и др., 2014]. Животные пополняют сообщество макрозообентоса псевдолиторали из зоны сублиторали под воздействием волн, будучи унесенными с прибрежных макрофитов или с зоны супралиторали.

Средние значения численности и биомассы макрозообентоса в разных районах зоны псевдолиторали восточного побережья Крыма варьируют в пределах от 342 до 9521 экз.·м$^{-2}$ и от 0,282 до 362,212 г·м$^{-2}$, соответственно.

Наибольший показатель численности макрозообентоса отмечен в акватории м. Опук (14 275 экз./·м$^{-2}$) (рис. 2). Ранжированный ряд по численности возглавляют турбеллярии (6291 экз./·м$^{-2}$), далее следуют полихеты (5059 экз./·м$^{-2}$). Основной вклад в формирование этого показателя внесли полихеты *S. papillocercus* (4664 экз.·м$^{-2}$), для которых так же, как и для турбеллярий, характерно обитание в зоне псевдолиторали на крупнозернистом песке с примесью ракуши [Копий, Лисицкая, 2012].

Наибольшая биомасса макрозообентоса отмечена в акватории м. Такиль. Существенную роль в формировании этого показателя играет моллюск *D. cornea* (97 % общей биомассы макрозообентоса) (рис. 2).

В зоне псевдолиторали исследуемых бухт по биомассе доминируют амфиподы. Значительный вклад в общую биомассу внес *P. maeoticus* (60 % общей биомассы) – эвригалинный вид, псаммофил, обычен для побережья Азовского моря, в солоноватых черноморских лиманах развивался ранее в огромных количествах (сотни тысяч экземпляров биомассой

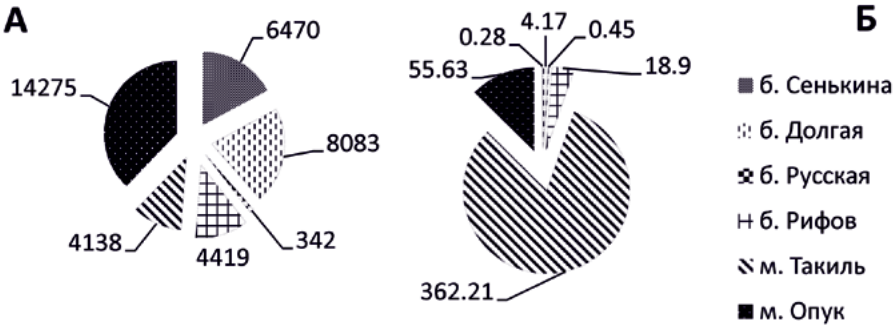


Рис. 2. Количественные показатели макрозообентоса в исследуемых районах восточного побережья Крыма (А – численность, Б – биомасса)

2500 г/м^2), вдоль западного побережья Крыма в зоне псевдолиторали максимальные показатели численности достигали 11 800 экз./м^2, биомассы – 83 г/м^2 [Мокиевский, 1949; Грезе, 1985]. Нами в больших количествах понтогаммарус (от 100 до 3050 экз./м^2) найден в акватории б. Рифов.

Трофическая структура макрофитобентоса представлена следующими группами: детритоядные – 9 видов, фитофаги – 10, полифаги – 5, плотоядные – 1 и сестонофаги –3 вида.

Таким образом, в зоне псевдолиторали восточного побережья Крыма обнаружено 28 видов макрозообентоса, относящихся к различным таксономическим категориям: Polychaeta (10 видов), Crustacea (12 видов), Mollusca (6 видов), а также не идентифицированными до вида Platyhelminthes, Nemertea, Oligochaeta, Hironomida и Ascidiidae.

Средние значения численности и биомассы макрозообентоса в разных районах зоны псевдолиторали восточного побережья Крыма варьируют в пределах от 342 до 9521 экз./м$^{-2}$ и от 0,.28 до 362,21 г/м$^{-2}$, соответственно. Ранжированный ряд по численности возглавляют турбеллярии (6291 экз./м$^{-2}$), по биомассе – моллюски *D. cornea* (351,8 г/м$^{-2}$). Наибольшее видовое богатство и количественные параметры макрозообентоса отмечены в акватории м. Такиль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Грезе И.И. *Фауна Украины. Высшие ракообразные. Бокоплавы*. Киев: Наукова думка, 1985. Т. 26. Вып. 5. 172 с.

Загороднюк Н.В. Бріофлора Опукського природного заповідника // *Мат-лы V Междунар. науч.-практ. конф.* (Симферополь, 22–23 окт. 2009 г.). Симферополь, 2009. С. 165–171.

Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. Экологические процессы в критических зонах Чёрного моря (синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков) // *Мор. экол. журн.* 2002. Т. 1. № 1. С. 33–55.

Зенкович В.П. *Берега Чёрного и Азовского морей*. М.: Гос. изд. географической литературы, 1958. 376 с.

Киселёва Г.А., Коновалов В.С., и др. Видовой состав и динамика макрозообентоса в ассоциациях водорослей Карадагского природного заповедника // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2009. Вып. 20. С. 77–81.

Ковалёва М.А., Болтачева Н.А., и др. Обрастания естественных твердых субстратов (скал) акватории Карадагского природного заповедника // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2014. Вып. 10. С. 57–66.

Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Макрозообентос зоны псевдолиторали юго-восточного и юго-западного побережья Крыма // *Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе*: Мат-лы VII Междунар. науч.-практич. конф. (Симферополь, 24–26 окт. 2013 г.). Симферополь, 2013. С. 343–347.

Копий В.Г., Заика В.Е. Годичная динамика популяции полихеты *Saccocirrus papillocercus* в интерстициали зоны заплеска (Чёрное море, Севастопольская бухта) // *Мор. экол. журн.* 2009. Т. 8. № 2. С. 49–52.

Копий В.Г., Лисицкая Е.В. Современное состояние популяции *Saccocirrus papillocercus* Bobretzky, 1872 (Polychaeta: Saccocirridae) прибрежной зоны Крыма (Чёрное море) // *Мор. экол. журн.* 2012. Т. 11. № 4. С. 39–44.

Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В. *Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории Севастополя*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. 192 с.

Мокиевский О.Б. Фауна рыхлых грунтов литорали западных берегов Крыма // *Тр. ИОАН.* 1949. Т. 4. С. 124–159.

Молева Н.В. Археологические исследования на мысе Такиль в Восточном Крыму // *Античный мир и археология.* Саратов, 1990. Вып. 7. С. 122–128.

МАТЕРИКОВЫЕ МИГРАЦИИ МОЕВОК (*Rissa tridactyla*) ВОСТОЧНОГО МУРМАНА (Кольский п-ов, Баренцево море)

Ю.В. Краснов, А.В. Ежов

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
kharlov51@mail.ru

Моевка, как и другие виды специализированных морских птиц, связана с биотопами суши исключительно в период размножения, что в значительной степени усложняет изучение миграционного поведения данного вида. Классические методы исследования пред- и постгнездовых кочевок, такие как кольцевание и цветное мечение, в этом случае не эффективны.

При использовании стандартных колец в основном были очерчены границы районов зимовок и сезонных кочевок, которые охватывают главным образом обширные акватории в Северной Атлантике. Причем подавляющее количество встреч меченых особей приходится на прибрежные районы, где относительно высока возможность контакта птиц с населением [Краснов, Николаева, 1998; Nikolaeva et al., 1997]. Встречи меченых птиц в открытых районах морей единичны, и следовательно, характер и временные параметры использования окольцованными птицами данных акваторий были практически неизвестны. В то же время за десятилетия активного кольцевания моевок в колониях Восточного Мурмана были зарегистрированы факты находок меченых птиц и за пределами основного зимовочного ареала и районов сезонных кочевок. Если появление моевок в бассейне Балтийского моря было вполне логичным, то залеты птиц данного вида в Черное море рассматривались как аномальные случаи проникновения через бассейн Средиземного моря и подразумевали в дальнейшем гибель данных особей. Но окольцованные на Мурмане особи были встречены и в бассейне Каспийского моря, куда они могли проникнуть, только следуя речным руслам или мигрируя над участками суши. В настоящее время с ростом визуальных наблюдений за птицами на акваториях Чёрного и Каспийского морей обнаружение здесь групп моевок представляется хотя и редким, но обычным явлением [Динкевич, 2010, и др.].

В последние годы для исследования миграций морских птиц широко используются геолокаторы (логгеры). Изучение миграций моевок из различных колоний Северной Европы продемонстрировали, что в подавляющем большинстве случаев в период кочевок они избегают пролета над материковыми участками [Frederiksen et al., 2012]. Исключением является ситуация с кочевками моевок из колоний на Восточном Мурмане. Анализ данных геолокаторов показал, что большинство особей двигаются через открытые участки акваторий Северной Атлантики непосредственно к местам гнездования на Мурмане. В то же время во второй половине зимы в ходе кочевок некоторые особи проникают в Балтийское море, откуда двигаются к местам гнездования кратчайшим путем над материковыми районами – из Ботнического в Кандалакшский залив и из Финского в Онежский залив Белого моря. При движении над сухопутными участками моевки, вероятнее всего, активно используют озерные системы и бассейны рек. Следуют отметить, что данные маршруты являются участками Беломоро-Балтийского пролетного пути, которым мигрируют крупные виды чаек, гнездящиеся на Белом море. Из полученных нами данных также видно, что моевки из колонии на мысе Крутик в весенний период появлялись на акватории Белого моря независимо от конкретного пути пролета из мест зимовки в район предыдущего размножения. Таким образом, полученные данные позволяют по-новому рассмотреть механизм формирования миграций таких типично морских птиц, как моевка, и объяснить феномен появления птиц этого вида в бассейнах Чёрного и Каспийского морей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Динкевич М.А. Весенне-летнее население птиц Чёрного моря (по данным судовых наблюдений) // *Орнитология в Северной Евразии*: мат-лы XIII Междунар. орнитол. конф. Сев. Евразии (Оренбург, 30 апр. – 6 мая 2010 г.). Оренбург, 2010. С. 120.

Краснов Ю.В., Николаева Н.Г. Итоги комплексного изучения биологии моевки в Баренцевом море // *Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути)*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 180–260.

Frederiksen M., Moe B., et al. Multicolony tracking reveals the winter distribution of a pelagic seabird on an ocean basin scale. *Diversity & Distributions*. 2012. Vol. 18. P. 530–542. doi: 10.1111/j.1472-4642.2011.00864. URL: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-4642.2011.00864.x/abstract

Nikolaeva N.G., Krasnov Yu.V., Barrett R.T. Post- and prebreeding movements of Kittiwakes *Rissa tridactyla* ringed at southern Barents Sea colonies. *Fauna norv.* Ser. C. 1997.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ ДИНАМИКИ ВОД В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

А.С. Кузнецов[1], В.Г. Бондур[2], В.А. Иванов[1], А.Н. Морозов[1], Ю.И. Шаповалов[1]

[1] Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия; vaivanov@inbox.ru
[2] Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» Министерства образования и науки РФ и РАН, г. Москва, Россия

В работе [Иванов, 2014] дана современная классификация пространственно-временных масштабов и изменчивости природных процессов в Черном море и предложена концепция развития инструментального мониторинга с целью детализации разномасштабных натурных исследований при соответствующем повышении пространственно-временного разрешения и точности измерений. Такой подход обеспечивает поэтапное решение системы важных практических задач, включая мониторинг антропогенных воздействий на шельфовые зоны черноморского побережья. На состояние, вентиляцию и очищение прибрежных вод морской экосистемы у южного берега Крыма существенно влияет ряд известных природных факторов, включая мезомасштабные сгонно-нагонные, волно-вихревые и вергентные движения вод. При этом практически остается не изученным вклад и роль многочисленных загрязняющих квазистационарных мелкомасштабных образований, явно регистрируемых средствами аэрокосмического мониторинга на морской поверхности вдоль черноморского побережья, возникающих возле придонных источников глубоководного субмаринного сброса вод антропогенного происхождения. В связи с очевидным возрастанием антропогенного и техногенного гнета комплексное изучение процессов генезиса и динамики таких интенсивных мелкомасштабных образований в условиях прибрежного экотона Крымского полуострова становится актуальной задачей. Полигонная система инструментального мониторинга для исследований состояния и динамики прибрежно-шельфовых вод реализована на базе эксклюзивных информационных технологических и аппаратурных разработок Морского гидрофизического института (МГИ) РАН.

В настоящей работе обсуждаются результаты серии натурных экспериментов по исследованию изменчивости гидрологической структуры и динамики вод у южного берега Крыма (ЮБК) в 2015–2016 гг. в морских экспедициях МГИ РАН по проекту «Разработка методов и создание экспериментального образца системы мониторинга антропогенных воздействий на шельфовые зоны черноморского побережья Российской Федерации, включая Крымский полуостров, на основе спутниковых и контактных данных». Сезонные исследования выполнялись в прибрежно-шельфовой зоне ЮБК с борта экспедиционного судна «Бирюза» на двух тестовых полигонах и на стационарной океанографической платформе подспутникового Черноморского гидрофизического полигона [Иванов и др., 2014]. Местоположение полигонов выбрано на основании данных аэрокосмического мониторинга у Гераклейского полуострова (шифр «Севастополь») и у мыса Кикинеиз (шифр «Кацивели») на расстоянии порядка 25 миль.

Натурные исследования выполнялись контактными методами при соответствующем наборе современных аппаратурных комплексов, разработки МГИ, включая перспективный комплекс гидрофизических попутных измерений [Иванов и др., 2014], зондирующие CTD-комплексы типа ГАП-16, ГАП-АК-12Р и антенный набор векторно-усредняющих автономных измерителей течений типа МГИ-1308. Для оперативного профилирования течений использовался акустический доплеровский профилометр течений (ADCP) серии WHM300 производства RDI США. При ADCP-измерениях, выполненных с борта судна в дрейфе, использовался специальный пакет программ обработки данных с учетом влияния корпуса судна на показания магнитного компаса прибора, на основе сопоставления данных GPS

и опций отслеживания дна. Последовательные серии пространственных ADCP и CTD-зондирований на полигонах выполнялись с борта судна по утвержденной мелкомасштабной сетке одновременно с опорными измерениями пространственно-временной изменчивости прибрежных течений и гидрометеорологических условий со стационарной морской платформы на удалении 500 м от берега.

Оценки вклада синоптической и мезомасштабной изменчивости в динамику прибрежных течений и ветровых условий приповерхностного слоя атмосферы у ЮБК были выполнены по данным мониторинга состояния и изменчивости природных условий на стационарном полигоне климатических исследований у мыса Кикинеиз. Из анализа натурных данных весеннего и летнего гидрологических сезонов, непосредственно в период проведения работ на тестовых полигонах, достоверно установлен факт изменения режима прибрежных течений при существенной интенсификации, по сравнению с зимним сезоном, в 1,5–2,0 раза модуля скорости среднего вдольберегового течения западного направления при ослаблении в приводном слое атмосферы сезонных вдольбереговых ветровых потоков восточных румбов. Кардинальная перестройка режима и вертикальной структуры прибрежных течений с зимнего типа на летний [Кузнецов, 2016] происходит одновременно с формированием сезонного пикноклина (термоклина). В весенне-летний сезон гидрологические сезоны масштабы временной изменчивости прибрежных течений в значительной степени определяются масштабами изменчивости региональных анемобарических факторов, а также интенсивными прибрежными волновихревыми движениями, в том числе внутренним волнением инерционно-гравитационного диапазона. При определенных условиях под воздействием мезомасштабных реверсивных колебаний вдольбереговых течений и даже под воздействием цуга интенсивных внутренних волн регистрируется разрушение устойчивой плотностной стратификации вод с кратковременной перестройкой вертикальной структуры течений с летнего на зимний тип. Кардинальная перестройка прибрежной циркуляции вод на структурно однородный по глубине режим происходит в осенний гидрологический сезон при фактической деградации устойчивой плотностной стратификации вод.

Для оперативных работ на выбранных мелкомасштабных полигонах использовался аппаратурный комплекс гидрофизических попутных измерений (КГПИ) для оптико-гидролого-гидрохимических измерений поверхностного слоя морской воды на ходу судна при непрерывной записи распределения приповерхностных характеристик вдоль трека судна (рис. 1).



Рис. 1. Размещение автономной насосной (А) и гидравлической проточной системы (Б) с измерительными преобразователями КГПИ на борту экспедиционного судна, маршрут движения и треков судна в экспедиции 20 и 21 мая 2016 г. (В) по данным GPS измерений КГПИ

На основе данных ADCP установлены характерные масштабы пространственной изменчивости поля скорости течений. В шельфовой зоне характерные признаки вертикального профиля скорости течений сохраняются на горизонтальных масштабах около 4 км при

условии выполнения измерений в течение 4-х часов. Вертикальная структура скорости течений характеризуется изменчивостью с масштабами 20–40 м. Как правило, доминирует бароклинная составляющая скорости. В прибрежных водах полигона «Севастополь» у Гераклейского полуострова наблюдается двухслойная вертикальная структура вдольбереговой составляющей скорости течений с границей раздела по центру сезонного термоклина. Нормальная к берегу составляющая скорости течения содержит признаки лучевых внутренних волн с характерной длиной около 5 м по вертикали. Внутренние волны наблюдаются в слое больших значений вертикального сдвига вдольбереговой составляющей скорости. Мелкомасштабные вихри с диаметром до 50 м не регистрируются прибором, при этом дополнительные данные по интенсивности эхосигнала, измеряемой ADCP, не исключают их существования в прибрежной зоне. В Голубом заливе у мыса Кикинеиз на полигоне «Кацивели» отмечаются короткопериодные внутренние волны с длиной по горизонтали около 150 м, что хорошо согласуется с ранее полученными в этом районе данными. В целом использование ADCP как элемента системы мониторинга антропогенных воздействий представляется целесообразным для контроля мелкомасштабной динамики вод, поскольку течения являются основным фактором, определяющим способность прибрежно-шельфовых вод к самоочищению [Морозов и др., 2016].

На основе серий контактных пространственных съемок выполнено картирование фоновых характеристик морской среды и динамики течений на указанных тестовых полигонах (рис. 2).

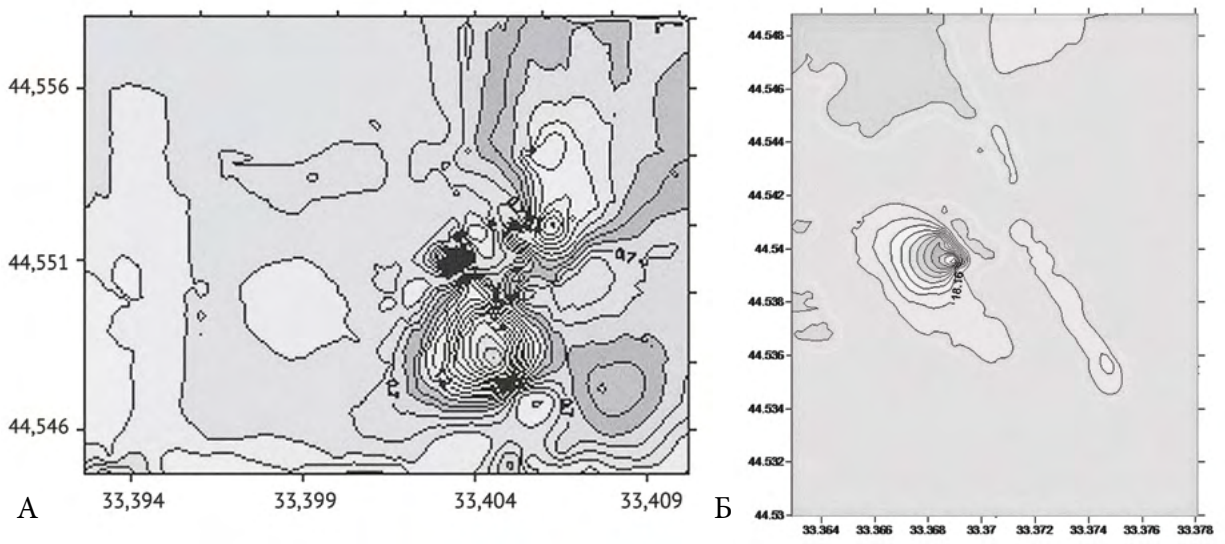


Рис. 2. Пространственное распределение мутности поверхностных вод (А) в ближней зоне полигона у Гераклейского полуострова по данным измерений КГПИ в экспедиции 20 мая 2016 г., пространственное распределение солености поверхностных вод (Б) в дальней зоне полигона у Гераклейского полуострова по данным измерений в экспедиции 21 мая 2016 г.

Накопленные за время эксперимента массивы векторных рядов динамики течений позволили выполнить систематизацию и классификацию по масштабам изменчивости волно-вихревой структуры течений в шельфовой зоне у южного берега Крыма.

Приведены результаты натурных исследований и анализ причинно-следственных связей изменчивости прибрежных течений, что позволяет достоверно выделять и исследовать структуру интенсивных мелкомасштабных образований импульсного типа на общем фоне изменчивости течений в шельфовой зоне Крыма.

Исследования проведены в Морском гидрофизическом институте РАН при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (уникальный идентификатор проекта RFMEF157714X0110).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванов В.А. Пространственно-временная изменчивость и мониторинг гидрофизических полей Чёрного моря // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2014. Т. 50. № 1. С. 30–40.

Иванов В.А., Дулов В.А., и др. *Мониторинг прибрежной зоны на Черноморском экспериментальном подспутниковом полигоне.* Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ–Гидрофизика», 2014. 526 с.

Кузнецов А.С. Перспективы совместных натурных исследований динамики прибрежных течений и региональных атмосферных условий у южного берега Крыма // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон.* 2016. № 2. С. 23–32.

Морозов А.Н., Иванов В.А., и др. Пространственная структура течений у Гераклейского полуострова по данным ADCP-наблюдений 2015 г. // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон.* 2016. № 1. С. 73–79.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ И БИООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ В РАЙОНЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

А.С. Кукушкин, С.А. Хорошун

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
kukushkinas@mail.ru

Прозрачность морской воды, являющаяся важной характеристикой экологического состояния морской среды, зависит от поглощения и рассеяния света взвешенным и растворенным в ней веществом. Одним из компонентов взвешенного вещества является фитопланктон, клетки которого содержат окрашенные пигменты. Их содержание оценивается по концентрации хлорофилла «а». Свет в море также поглощает неживая взвесь (детрит) и окрашенное растворенное вещество, часто называемое желтым веществом.

В работе приводятся результаты анализа многолетней (1923–1995 гг.) сезонной изменчивости глубины видимости белого диска ($Z_б$) и данных спутниковых наблюдений (сканер цвета SeaWiFS в 1997–2010 гг.) основных биооптических параметров: концентрация хлорофилла «а» (хл. «а»), показатель поглощения света окрашенным органическим веществом в сумме с неживым взвешенным веществом на длине волны 490 нм – a_g (*далее* – показатель поглощения), показатель обратного рассеяния взвешенными частицами на длине волны 555 нм – b_{bp} (далее показатель рассеяния) в районе юго-западного побережья Крыма (рис. 1).

Сезонные изменения распределений анализируемых параметров представлены на рис. 2 и в табл. 1. Пониженная прозрачность была отмечена в весенний период. В годовом цикле прозрачность в северо-западном участке более низкая, что, видимо, связано с влиянием на ее воды промышленно-бытовых стоков г. Севастополя, речного стока (реки Бельбек, Кача, Альма) и вод северо-западного шельфа. Сезонные распределения концентрации хл «а» достаточно однородны. Максимальные концентрации были получены в зимний период, минимальные – в летний. Для распределений показателей поглощения и рассеяния характерно увеличение их значений в северном направлении (от глубоководной части моря к мелководной). Сезонные их значения в северо-западном и южном участках примерно одинаковы. Максимальная величина показателя поглощения была получена в осенний период, минимальная – летом. Минимальные значения показателя рассеяния были определены в осенне-зимний период.

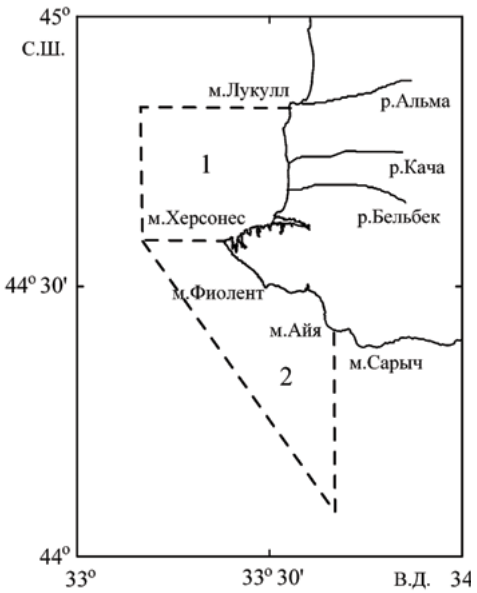


Рис. 1. Карта севастопольского морского района (1 – северо-западный, 2 – южный участки)

Характер внутригодовых изменений концентрации хл «а» и показателя поглощения примерно одинаковый и описывается U-образной кривой с пониженными значениями теплое время года и повышенными – в холодное (рис. 3). Такие их изменения хорошо согласуются с внутригодовыми изменениями биомассы фитопланктона. Для показателя рассеяния также были характерны более высокие значения в холодное время года и пониженные – в теплое (июль – октябрь). В то же время в мае и особенно в июне, когда обычно наблюдается активное развитие мелкоразмерных видов фитопланктона (кокколитофориды), было отмечено значительное его увеличение.

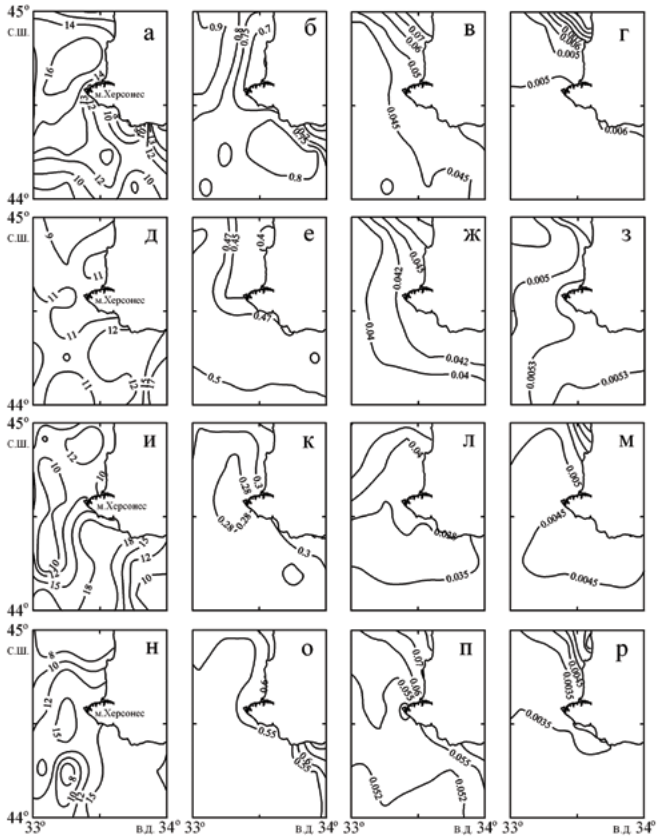


Рис. 2. Распределение глубины видимости белого диска (м) (а, д, и, н), концентрации хлорофилла «а» (мг/м^3) (б, е, к, о), показателя поглощения (м$^{-1}$) (в, ж, л, п) и рассеяния (м$^{-1}$) (г, з, м, р) в зимний (а, б, в, г), весенний (д, е, ж, з), летний (и, к, л, м) и осенний (н, о, п, р) сезоны

Таблица 1. Сезонные изменения глубины видимости белого диска ($Z_б$), концентрации хл «а» ($C_{ХЛ}$), показателей поглощения (a_g) и рассеяния(b_{bp}) света в севастопольском морском районе

Параметр		Северо-западный участок				Южный участок			
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
$Z_б$, м	среднее	12,8	10,2	11,0	10,7	13,1	11,9	12,1	13,9
	СКО	3,3	3,5	4,4	4,2	2,9	2,1	2,9	3,5
$C_{ХЛ}$, мг/м^3	среднее	0,77	0,44	0,28	0,54	0,77	0,47	0,28	0,54
	СКО	0,46	0,11	0,07	0,2	0,414	0,19	0,07	0,26
a_g, м$^{-1}$	среднее	0,046	0,042	0,039	0,056	0,046	0,043	0,038	0,053
	СКО	0,016	0,007	0,006	0,016	0,009	0,006	0,005	0,013
b_{bp}, м$^{-1}$	среднее	0,005	0,006	0,0068	0,005	0,0049	0,0061	0,0061	0,0049
	СКО	0,0019	0,0021	0,0024	0,0017	0,0013	0,0022	0,002	0,0014

Наблюдения прозрачности на разрезах позволили оценить изменение ее горизонтальной структуры на отдельных участках района. По результатам измерений $Z_б$ в марте 1960 г. были построены два вдольбереговых разреза. Станции ближнего к берегу разреза отстояли от него на расстоянии 2,5–3,5 км, удаленного разреза – 6–7 км. На ближнем разрезе резкое уменьшение прозрачности (более 7 м) наблюдалось в предустьевой зоне р. Бельбек (рис. 4а). Небольшое ее уменьшение отмечалось в районе впадения в море р. Кача. На этих участках в зимний период в 1998–2010 гг. была зарегистрирована относительно высокая концентра-

ция хл. «а» (рис. 5а) и пониженные значения показателя поглощения (рис. 6а). На участке между реками Бельбек и Кача прозрачность была относительно высокой и изменялась она незначительно. На удаленном от берега разрезе прозрачность в среднем была выше (рис. 4б). Пониженные ее значения были отмечены в южной части разреза (зона выпуска бытовых стоков северной стороны г. Севастополя), а также в предустьевой зоне р. Кача.

В весенний период (май 1960 г.) на ближнем разрезе прозрачность в предустьевой зоне р. Бельбек повысилась, но оставалась ниже по сравнению с соседними участками. На удаленном разрезе прозрачность плавно понижалась в северном направлении. Концентрация хл. «а» на разрезах по 33° 15′ и 33° 30′ в.д., более низкая в мелководном северо-западном участке, в северном направлении увеличивалась (рис. 5б). Показатель поглощения света на этих разрезах в направлении на шельф увеличивался (рис. 6б). Особенно это было заметно на ближайшем к берегу разрезе по 33° 30′в.д. Показатель рассеяния света на разрезах изменялся незначительно.

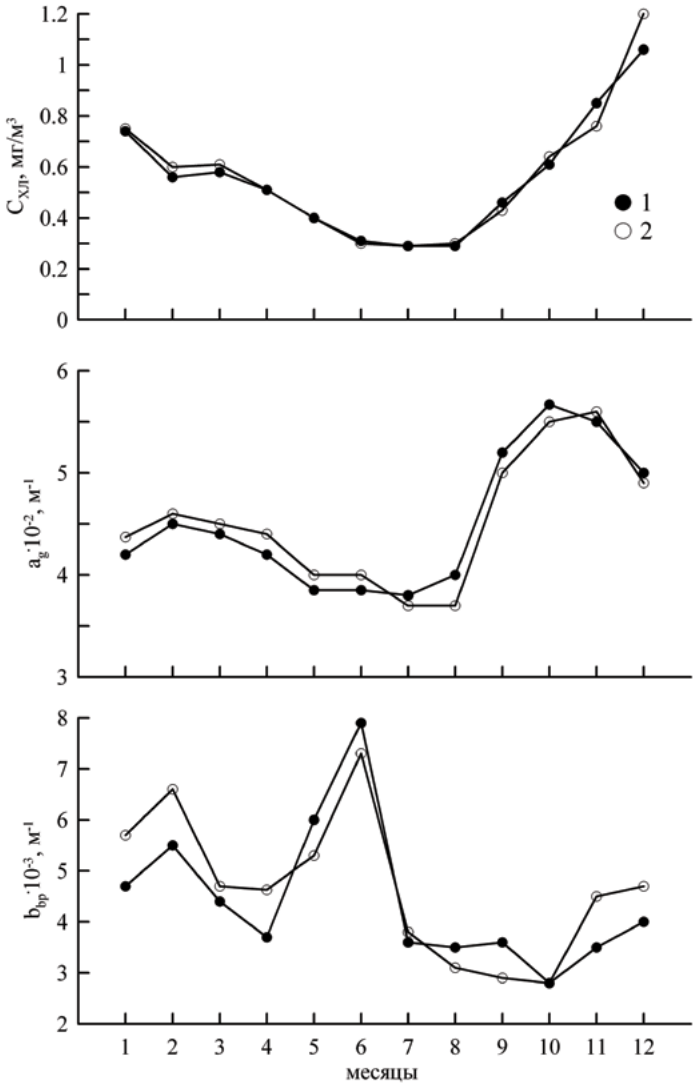


Рис. 3. Внутригодовые изменения концентрации хлорофилла «а» ($C_{ХЛ}$), показателей поглощения (a_g) и рассеяния (b_{bp}) в северо-западном (1) и южном (2) участках

В летний период концентрация хл. «а» на разрезе по 33° 15′ в.д. в глубоководной области изменялась незначительно (рис. 5в). В мелководной области наблюдалось небольшое увеличение, и максимальное ее значение было отмечено в Каламитском заливе. Изменения концентрации хл. «а» и показателя поглощения света на этих разрезах (рис. 6в) в целом были близки. Показатель рассеяния света изменялся незначительно.

В осенний период концентрация хл. «а» на разрезе по 33° 15′ в.д. в открытом море и на шельфе изменялась примерно одинаково (рис. 5г). Значительное увеличение отмечено к северу от м. Лукулл. На разрезе по 33° 30′ в.д. значение концентрации хл. «а» и характер ее изменчивости в глубоководной области были такими же, как и на разрезе по 33° 15′ в.д. В мелководной части разреза (вблизи берега) концентрация хлорофилла «а» была более высокой. Показатели поглощения (рис. 6г) и рассеяния света в глубоководной области и в мелководной области на разрезе по 33° 15′ в.д. практически не изменялись. Вблизи берега на разрезе по 33° 30′ в.д. их значения увеличились. Максимальное значение показателя поглощения света было отмечено в предустьевой зоне р. Бельбек, а показателя рассеяния света – в районе м. Лукулл (в предустьевой зоне р. Альма).

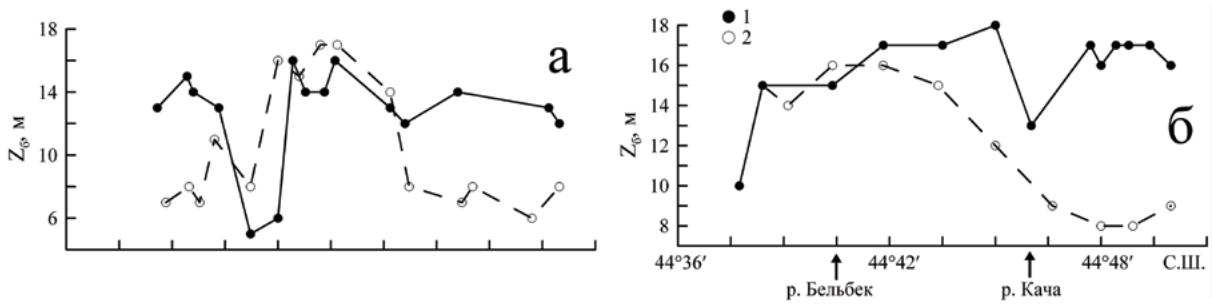


Рис. 4. Распределение глубины видимости белого диска на ближнем (1) и удаленном (2) от берега вдольбереговых разрезах в марте (а) и мае (б) 1960 г.

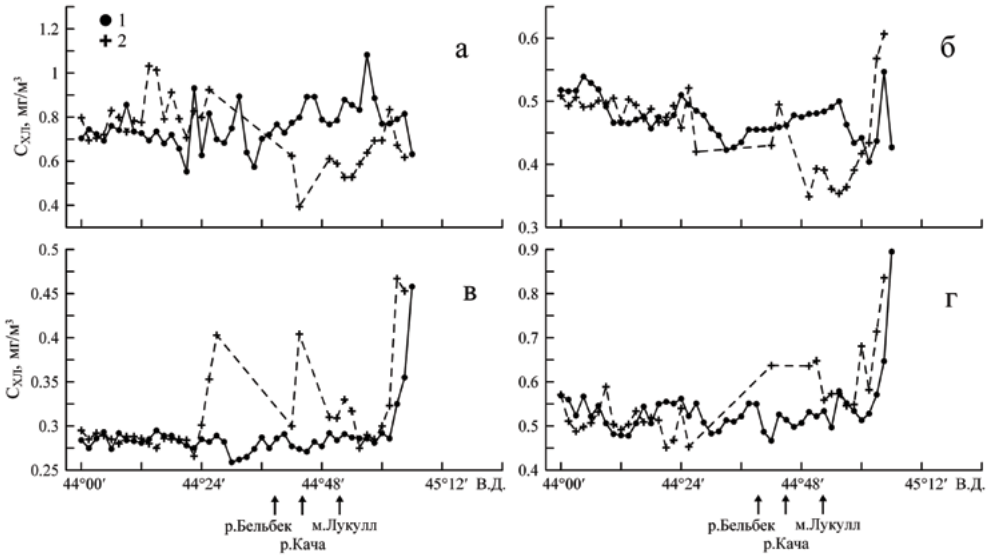


Рис. 5. Распределение хл. «а» на разрезах по 33° 15′ (1) и 33° 30′ (2) в.д. зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (г)

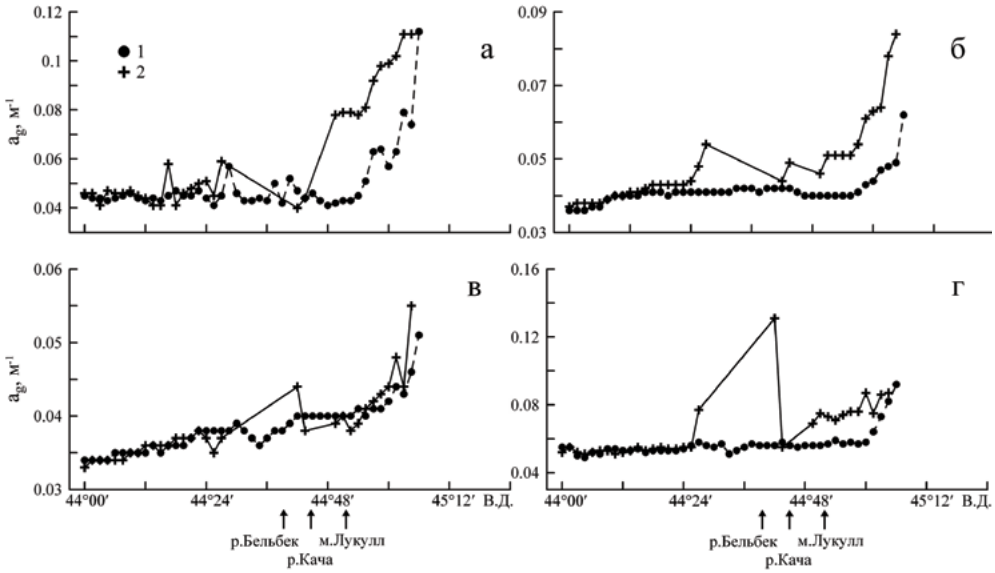


Рис. 6. Распределение показателя поглощения света на разрезах по 33° 15′ (1) и 33° 30′ (2) в.д. зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (г)

ПРОДУКТИВНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ИНДИЙСКОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ОКЕАНА: ОСОБЕННОСТИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В.И. Ланин

[1]Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия
0806lanin@mail.ru

Введение. Активные комплексные рыбохозяйственные исследования в Индийском секторе Южного океана, ограниченном с запада и востока 20-м и 120-м меридианами; с севера 40-й параллелью, а с юга побережьем Антарктиды, проводились на протяжении почти 20 лет. За это время был собран обширный океанографический и биологический материал в ранее практически не изученном районе Мирового океана, приоритет в изучении которого по праву принадлежит отечественной рыбохозяйственной науке. В открытых водах сектора, на банках Обь и Лена, а также на островных шельфах и банках архипелага Кергелен обнаружены и успешно осваивались значительные запасы ценных промысловых рыб (серой и мраморной нототении, щуковидной белокровки и патагонского клыкача); в морях Содружества и Космонавтов – большие запасы антарктического криля; на шельфовых банках моря Космонавтов – значительные запасы ледяной рыбы Вильсона, а на некоторых участках бровки шельфа и верхней части материкового склона Антарктиды – промысловые скопления антарктической серебрянки. В то же время при ведении поисковых работ и промысловом освоении выявленных ресурсов была отмечена значительная синоптическая, внутрисезонная и межгодовая изменчивость промысловой обстановки, особенностей поведения, распределения и оценки запасов промысловых организмов.

Принимая непосредственное участие в нескольких антарктических экспедициях, планируя и выполняя собственные эксперименты с нетрадиционным подходом к сбору океанографических данных, позволившие с совершенно иных позиций охарактеризовать формирование продуктивности в Южном океане, осуществляя непосредственное руководство планированием и проведением океанографических исследований в многочисленных научно-исследовательских и научно-поисковых экспедициях ЮгНИРО и Управления «Югрыбпоиск» во второй половине 1980-х гг. в качестве ответственного за океанографические исследования, удалось выявить некоторые общие закономерности происходящих продукционных процессов и на основе разработанного экосистемного подхода решить ряд перечисленных проблем, а также выработать рекомендации, которые при возобновлении поисково-промысловых работ в этом районе позволят сориентироваться в сложившейся ситуации и дадут существенный экономический эффект.

Результаты и обсуждение. Экосистемы подводных гор (банок). Ключом к пониманию многих аспектов формирования продуктивности в Южном океане послужили результаты океанографических работ, выполненных автором в летний сезон 1981 г. в научно-исследовательском рейсе НПС «Скиф» в районах антарктических банок Обь и Лена и в море Содружества. Промысловая ихтиофауна на банках представлена рыбами придонного комплекса (серая и мраморная нототения, патагонский клыкач), облавливаемыми при донных тралениях. Причем в периоды благоприятной промысловой обстановки рыбы активно питались пелагическим макрозоопланктоном (сальпами, гипереидами, пелагическими полихетами), а при ее ухудшении скопления рассредотачивались, накормленность рыб снижалась и в рационе питания доминировали бентосные организмы [Чечун, 1974]. Не найдя этому объяснения автор высказал предположение о подъеме рыб для нагула вверх, где пелагический макропланктон концентрировался в сезонном пикноклине.

Регулярное выполнение океанографических микроразрезов и притраловых станций при ведении промысла с дополнительным навешиванием батометров (через 10–20 м) от

горизонта 100–150 м и до дна, до глубин около 400 м, показало, что промысловые скопления облавливались в узком (несколько десятков метров) диапазоне глубин и были приурочены к упирающейся в склоны банок градиентной зоне, происхождение которой обусловлено сложными гидрофизическими и гидродинамическими процессами, происходящими над вершинами банок. Прежде чем перейти к их рассмотрению охарактеризуем особенности АСВ, которая складывается из холодной Антарктической Поверхностной водной массы (АПВМ) и подстилающей ее относительно теплой Антарктической Циркумполярной глубинной водной массы (АЦГВМ). АПВМ зимой представляет собой холодный однородный слой, температура которого зависит от широты места и суровости зимы, а летом расслаивается на верхний «летний» прогретый и остаточный «зимний» холодный слой, хорошо прослеживающийся до Полярной Фронтальной зоны (ПФЗ), отделяющей антарктическую структуру от субантарктической. На границе раздела «летней» и «зимней» АПВМ формируется хорошо выраженный сезонный пикноклин, в котором концентрируется основная масса развивающегося планктона. Граница раздела АПВМ и АЦГВМ из-за разнонаправленного вклада вертикальных градиентов температуры и солености в градиент плотности слабо выражена и, формируясь в условиях «двойной диффузии тепла и соли» [Ланин, 1993а], представлена несколькими однородными «конвективными» слоями, разделенными микроскачками плотности. В генерируемых банками топографических вихрях микроскачки плотности последовательно разрушаются снизу вверх по «принципу домино», однородные «конвективные» слои объединяются в один, растущий вверх со скоростью до 50–100 м в сутки. Таким образом, внутри АСВ над вершинами банок формируется однородный столб, который на начальном этапе представляет собой «конус Тейлора – Хогга», а на конечном – «столб Тейлора – Праудмена» [Ланин, 1993а, 2015]. Между образующейся над банками трансформированной АПВ и нетрансформированной над ее склонами формируется граница раздела, нижней частью упирающаяся в склоны банок. Весь оказавшийся над банкой пелагический макропланктон вовлекается в интенсивное вертикальное перемешивание, опускается вниз и, скапливаясь у дна, создает благоприятную для нагула донных рыб кормовую базу. Установлено, что при определенных барических ситуациях, при скоростях западных ветров более 20–25 м/с [Ланин, 1983] ветровое течение накладывается на основное, и происходит «отрыв» однородных столбов от вершин банок и в дальнейшем они переносятся Антарктическим Циркумполярным течением в восточном направлении в виде «внутритермоклинных линз», в которых, возможно, сохраняются благоприятные условия для выживания икры и личинок нерестящихся на банках рыб, обеспечивая тем самым их расселение в Южном океане. Само по себе наличие двух постоянных факторов (топогенного эффекта и закономерностей трансформации АСВ под его воздействием) и переменного, в виде интенсификации ветровых течений в АПВМ при определенных барических ситуациях, способствует созданию и поддержанию кормовой базы рыб за счет улавливания планктона из набегающего потока постоянно формирующимися над банками «гидродинамическими ловушками». Происходящие в синоптическом масштабе времени периодические «отрывы» ловушек, обуславливая синоптическую изменчивость промысловой обстановки, в то же время способствуют постоянному обновлению кормовой базы рыб, обеспечивая возможность существования на банках их промысловых популяций. Все это позволяет рассматривать саму возможность существования значительных популяций рыб донного комплекса на подводных горах, а также шельфах и склонах островов в Южном океане, как закономерное следствие совместного действия гидроструктурных (закономерности трансформации АСВ) и гидродинамических (топогенный эффект) предпосылок, в результате которых пелагический макропланктон не просто улавливается из набегающего потока, но и транспортируется вниз, скапливаясь у дна в определенном диапазоне глубин, в котором собираются для нагула донные рыбы, создавая благоприятные условия для рационального ведения промысла.

Универсальность рассмотренного механизма формирования промысловых скоплений рыб подтверждается результатами рыбохозяйственных исследований в районе архипелага Кергелен и в шельфовой зоне моря Космонавтов, которые также следует рассматривать

в качестве самостоятельных продуктивных экосистем со схожими условиями формирования продуктивности. Но если в районах банок Обь и Лена наблюдалась синоптическая изменчивость промысловой обстановки, то в этих районах она носила межгодовой характер и выражалась в том, что на одних и тех же поднятиях дна промысловые скопления рыб в отдельные годы вообще не наблюдались. Исследованиями установлено, что в отдельные годы при наличии гидродинамических предпосылок в этих районах по разным причинам отсутствовали гидроструктурные.

Архипелаг Кергелен, особенно его северная часть, расположен ближе к Полярной фронтальной зоне. Поэтому при меандрировании ПФЗ этот район в отдельные годы оказывается в субантарктической структуре вод, не обладающей соответствующими гидроструктурными предпосылками продуктивности. Такая ситуация наблюдалась, в частности, осенью 1987 г. [Кляусов, 1990], когда в северной части архипелага скопления рыбы на традиционных участках промысла отсутствовали.

Исследованиями установлено, что подводный хребет Кергелен отклоняет переносимые в слое АЦГВМ глубинные воды к югу [Ланин, 1993б], создавая в центральной части сектора, в море Содружества и прилегающей к нему севернее акватории специфические особенности гидроструктуры. Выражается это в гораздо большем количестве глубинных вод, максимальном их проникновении на юг, к материковому склону Антарктиды, и распространении их в зоне шельфа в виде придонного слоя с повышенной температурой. Граница раздела АПВМ и АЦГВМ в море Содружества залегает ближе к поверхности, чем в смежных морях. Все это позволяет рассматривать этот регион в качестве самостоятельной экосистемы, а наблюдающаяся межгодовая изменчивость в количестве поступающих в пределы экосистемы глубинных вод определяет межгодовую изменчивость ее состояния [Ланин, 1993б]. Близость пограничного слоя к поверхности создает предпосылки для его выведения из состояния сложившегося равновесия под воздействием атмосферной циркуляции. Стационирование атмосферных циклонов, генерирующих в гидросфере мезомасштабные циклонические вихри, из которых складывается зона Антарктической дивергенции (АД), приводит в итоге к дестабилизации пограничного слоя и образованию в нем квазистационарных мезомасштабных двумерных внутритермоклинных вихрей со сложной внутренней структурой, в которых происходит интенсивное вертикальное перемешивание. В верхней части вихря происходит разрушение холодной прослойки, а нижняя прослеживается до глубин 1000–1200 м [Ланин, 1993б]. То есть мы имеем дело с процессами, аналогично происходящими над банками, но отличающимися вертикальным и горизонтальным масштабом явления, обеспечивающим этим вихрям стационарность существования во времени и пространстве в течение антарктического лета. Интенсивное развитие продукционных процессов в верхней части вихрей, скапливание и массовый нерест криля в их пределах, интенсивное вертикальное перемешивание, позволяющее икре избежать пассивного опускания на большие глубины и способствующее подъему развивающихся личинок вверх, позволяет рассматривать эти вихри в качестве центров биотопа экосистемы моря. Массовый вынос биогенных веществ (фосфатов и кремнекислоты) в деятельный слой в годы интенсивного вихреобразования закладывает благоприятные условия развития продукционных процессов. Наблюдающаяся квазитрехлетняя периодичность интенсивности АЦТ хорошо прослеживается по межгодовой изменчивости теплосодержания поступающих в район моря Содружества глубинных вод, определяя тем самым межгодовую изменчивость продуктивности и наблюдающиеся особенности сукцессии планктонных сообществ, где также прослеживается трехлетняя периодичность.

С интенсивностью поступления глубинных вод в море Космонавтов связано формирование промысловой продуктивности шельфовых банок. Только в те годы, когда трансформированные АЦГВМ поступают в зону шельфа и прослеживаются в виде придонного слоя с повышенной температурой, в районах шельфовых банок создается благоприятная для формирования кормовой базы и скапливания для нагула ледяной рыбы Вильсона совокупность динамических и структурных предпосылок продуктивности [Ланин, Пелевин, 1993]. В годы отсутствия в шельфовой зоне моря в придонном слое теплых глубинных вод

«гидродинамические ловушки» над шельфовыми банками не образуются, рыбы рассредоточены и питаются преимущественно бентосными организмами. То есть механизм формирования рыбопродуктивности шельфовых банок моря Космонавтов аналогичен рассмотренному выше и реализуется только тогда, когда в шельфовой зоне появляются внутриструктурные предпосылки.

Антарктическая серебрянка обитает в пределах ВПФЗ [Кляусов, Ланин, 1987], а ее скопления образуются на тех участках шельфа и материкового склона, куда трансформированные АЦГВМ поступают наиболее интенсивно [Ланин, Боровская, 1983], обостряя внутрифронтальные процессы вертикального перемешивания и способствуя массовому поступлению макропланктона и криля в придонный слой, формируя тем самым благоприятную для нагула рыб кормовую базу.

Подводя итог исследования можно сделать вывод, что формирование продуктивных экосистем и специфического состава ихтиофауны островов и подводных гор, синоптическая и межгодовая изменчивость промысловой обстановки обусловлены совокупным действием гидродинамических (топогенный эффект или воздействие атмосферной циркуляции) и внутриструктурных (закономерности трансформации АСВ) предпосылок биопродуктивности.

Формирование высокопродуктивной экосистемы моря Содружества обусловлено постоянным поступлением сюда большого количества глубинных вод, отклоняемых к югу подводным хребтом Кергелен. В итоге граница раздела поверхностных и глубинных вод в этом районе расположена ближе к поверхности и в большей степени подвержена выведению из состояния равновесия стационированием атмосферных циклонов. Образующиеся мезомасштабные квазистационарные внутритермоклинные вихри со сложной внутренней структурой и интенсивным вертикальным перемешиванием, достигающим глубин 1000–1200 м, можно рассматривать в качестве центра биотопа экосистемы моря. Наблюдающаяся межгодовая изменчивость в количестве поступающих в море Содружества глубинных вод, обусловленная межгодовой изменчивостью интенсивности АЦТ, влияет на сукцессию планктонных сообществ и определяет наблюдавшийся в разные годы большой разброс в оценке запасов антарктического криля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кляусов А.В. О положении Южного полярного фронта в районе островов Кергелен и Херд осенью 1987 г. // *Океанология*. 1990. Т. 30. № 2. С. 195–202.

Кляусов А.В., Ланин В.И. Положение и некоторые особенности структуры пришельфовой фронтальной зоны в море Содружества // *Океанология*. 1987. Т. 27. № 3. С. 384–390.

Ланин В.И. Гидрологические предпосылки образования и распада промысловых скоплений рыбы на банках Обь и Лена // *ЦНИИТЭИРХ*. Вып. 1. Сер. «Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана». М., 1983. С. 14–26.

Ланин В.И. Океанографические предпосылки формирования рыбопродуктивности и состава ихтиоцена в районах островов и подводных гор Южного океана // *Пелагические экосистемы Южного океана*: сб. науч. трудов. М.: Наука, 1993а. С. 90–96.

Ланин В.И. Океанографические предпосылки формирования, функционирования и межгодовой изменчивости состояния экосистем антарктических морей // *Пелагические экосистемы Южного океана*: сб. науч. трудов. М.: Наука, 1993б. С. 63–80.

Ланин В.И. Промысловая продуктивность подводных гор, закономерности формирования и иррационального использования // *Труды ЮГНИРО «Основные результаты комплексных рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне и Мировом океане»*. Керчь, 2015. Т. 53. С. 184–192.

Ланин В.И., Боровская Р.В. Гидрологические предпосылки обитания и образования скоплений антарктической серебрянки // *Сырьевые ресурсы антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования*: тез. докл. Всесоюз. науч. конф. Керчь, 1983. С. 111–113.

Ланин В.И., Пелевин А.С. Условия обитания и образования скоплений ледяной рыбы Вильсона в море Космонавтов // *Пелагические экосистемы Южного океана*: сб. науч. трудов. М.: Наука, 1993. С. 83–90.

Чечун И.С. Питание серой нототении *Notothenia squamifrons* (Nototheniidae) // Труды ВНИРО. 1974. Т. 96. С. 95–100.

ПОЛИХЕТЫ, ВСЕЛИВШИЕСЯ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ БАССЕЙН В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Е.В. Лисицкая, Н.А. Болтачева

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
e.lisitskaya@gmail.com, nboltacheva@mail.ru

В начале XX в. фауна полихет Азово-Черноморского бассейна была практически полностью описана. Для Чёрного моря было указано около 200 видов, часть из которых известна только для Прибосфорского района, для Азовского моря – 32 вида. В первой половине XX в. к фауне полихет добавлен всего один вид-вселенец *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923), а в 1964 г. для Чёрного моря указан вид *Sigambra tentaculata* (Treadwell, 1941) [Киселёва, 2004].

В составе многощетинковых червей Чёрного моря был известен представитель семейства Spionidae – *Polydora ciliata* (Johnston, 1838), перфорирующий камни, раковины моллюсков. В 1962 г. в северо-западной части Чёрного моря Г.В. Лосовской обнаружена полидора, строящая трубки и обитающая на рыхлых грунтах. Она была определена как *Polydora ciliata sep. limicola* Annenkova [Лосовская, Нестерова, 1964]. В 2004 г. в материалах, собранных на рыхлых грунтах Балаклавской и Севастопольской бухт, обнаружены полидоры, идентифицированные при участии В.И. Радашевского как *Polydora cornuta* Bosc 1802 (рис. 1) [Болтачева, Лисицкая, 2007]. Впоследствии полидора из северо-западной части Чёрного моря так же была определена как *P. cornuta* (Radashevsky, Selifonova, 2013). Для фауны Азовского моря многощетинковые черви рода *Polydora* указаны не были. В середине 1980-х гг. там впервые была найдена *P. ciliata* [Киселева, 2004]. Предполагалось, что *P. ciliata,* единственный автохтонный черноморский вид полидоры, проник в Азовское море из Чёрного. Дальнейшие исследования показали, что вид *Polydora*, обитающий в Азовском море, – это *P. cornuta* [Болтачева, 2013; Radashevsky, Selifonova, 2013]. Учитывая морфологическое сходство *P. ciliata* и *P. cornuta* и сложность их идентификации, можно предположить, что полидоры, которых обнаруживали в Азовском море начиная с 1980-х гг. до настоящего времени, также относились к виду *P. cornuta*. В настоящее время вид широко распространился и стал массовым в донных сообществах Азовского моря.

В 2009 г. при исследовании устриц *Crassostrea gigas*, культивируемых в марихозяйствах у берегов Крыма, обнаружены полидоры, идентифицированные как *Polydora websteri* Hartman in Loosanoff & Engle, 1943 [Лисицкая и др., 2010]. Полидоры этого же вида были найдены и в камнях. Впервые для Чёрного моря *P. websteri* отмечены в 2005 г. у румынского побережья [Surugiu, 2005]. Этот вид-перфоратор является одним из основных вредителей культивируемых устриц и мидий.

В 2007 г. в сборах макрозообентоса из Севастопольской бухты обнаружена полихета, принадлежащая к роду *Streblospio.* По морфологическим признакам черви были отнесены к виду *Streblospio gynobranchiata* Rice & Levin, 1998 [Болтачева, 2008; Boltachova, Lisitskaya, Podzorova, 2015]. Для Чёрного моря до недавнего времени был известен один представитель рода *Streblospio – S. shrubsolii*, отмеченный в некоторых озерах у побережья Болгарии. В 2001 г. в Новороссийском порту обнаружено поселение *S. shrubsolii*, дальнейшие исследования показали, что эти полихеты по ряду признаков отличаются от *S. shrubsolii*, но их точная видовая принадлежность не была установлена [Мурина и др., 2008]. Впоследствии они также были отнесены к виду *S. gynobranchiata* [Radashevsky, Selifonova, 2013]. *S. gynobranchiata* обнаружены нами в сборах макрозообентоса из Керченского пролива и в пробах из Темрюкского залива Азовского моря, любезно предоставленных нам Л.Н. Фроленко (АзНИИРХ). Толерантность к высокому уровню эвтрофирования в сочетании с присущей *S. gynobranchiata* репродуктивной стратегией способствует быстрому расселению червей и может привести к широкому распространению этого вида-вселенца вдоль берегов Чёрного моря и в Азовском море.

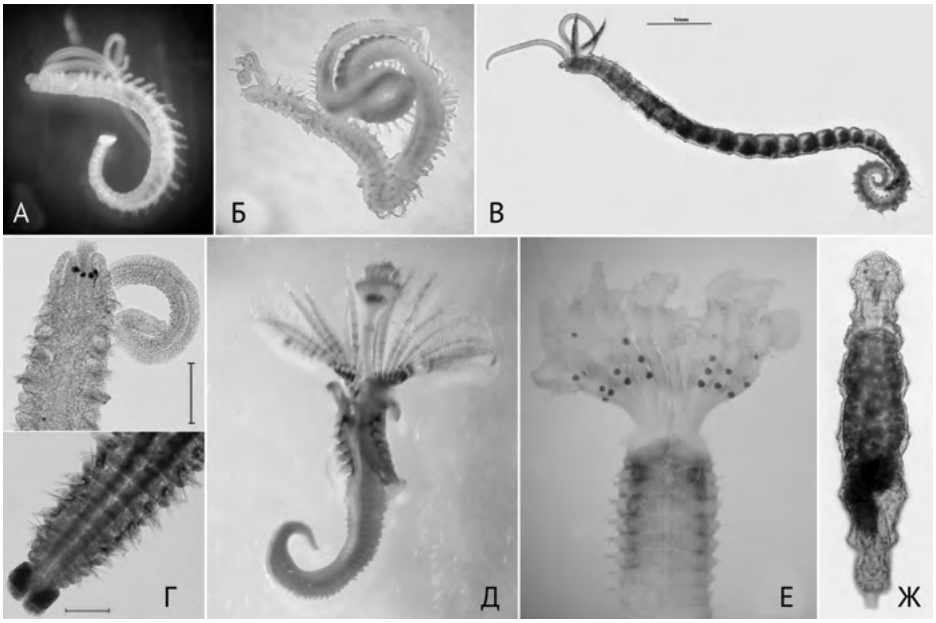


Рис. 1. Полихеты-вселенцы, обнаруженные у берегов Крыма: а – *Polydora cornuta*; б – *Polydora websteri*; в – *Streblospio gynobranchiata*; *Dipolydora quadrilobata*: г – передний конец, д – задний конец; е – *Hydroides dianthus*; ж –*Pseudopotamilla reniformis*, передний конец; з – *Dinophilus gyrociliatus*, самка

Первые указания о нахождении еще одного вида полидор *Dipolydora quadrilobata* [Jacobi, 1883] в Чёрном море относятся к водам Болгарии (сборы 2003 г.), затем в 2007–2008 гг. эта полихета была обнаружена у берегов Румынии и в районе устья Дуная [Surugiu, 2009]. Нами этот вид обнаружен в 2010 г. на всем протяжении шельфа северо-западной части Чёрного моря, а в 2013 г. зарегистрирован в районе Керченского предпроливья [Болтачева, Лисицкая, 2014].

В 2009–2010 гг. при обследовании гигантской устрицы из марихозяйства в Казачьей бухте обнаружен новый для Чёрного моря вид семейства Serpulidae – *Hydroides dianthus* (Verrill, 1873) [Болтачева и др., 2011]. Черви строят трубки из углекислого кальция, приросшие к субстрату по всей длине. В настоящее время полихет этого вида мы встречаем на каменистых субстратах по всей акватории Севастопольских бухт. В устричных марихозяйствах в Японии и Северной Америке тяжелые экономические потери связывают с гибелью молодых моллюсков, вследствие обильного обрастания гидроидесами этого вида.

Представитель семейства Sabellidae *Pseudopotamilla reniformis* (Bruguière, 1789) впервые зарегистрирован в 2003 г. недалеко от портовой зоны г. Севастополя, затем, в 2011 г. у мыса Тарханкут на камнях на глубине 2–3 м [Болтачева, Лисицкая, 2016]. Обнаружение этого вида спустя 8 лет после первого нахождения в другом районе моря, удаленном от портов и населенных пунктов, может свидетельствовать о том, что *P. reniformis* уже, по-видимому, распространился у побережья западного Крыма.

В 2013 г. при исследованиях в дельте реки Дон обнаружен представитель сем. Sabellidae – *Aracia* sp. [Сёмин и др., 2014]. В 2014 г. в дельте р. Дон и Таганрогском заливе обнаружены полихеты сем. Spionidae, относящиеся к не отмеченному ранее в Азово-Черноморском бассейне роду *Marenzelleria* Mesnil, 1896. Авторы выделяют два морфотипа и предполагают, что полихеты этого рода принадлежат к двум видам [Сёмин и др., 2016].

В 2015 г. в акватории Севастополя (бухта Круглая) на глубине 3–5 м впервые обнаружены многощетинковые черви *Dinophilus gyrociliatus* O. Schmidt, 1857 (сем. Dinophilidae) [Лисицкая, Болтачева, 2016]. *D. gyrociliatus* считается видом-космополитом, но в Чёрном море ранее он был отмечен только в аквариумах г. Варны [Маринов, 1977]. Можно предположить, что этот представитель интерстициальных полихет, распространение которого в большей степени связано с наличием походящих грунтов, а не с границами климатических зон, обитает и в других черноморских бухтах на песчаных грунтах на небольших глубинах.

Таким образом, все перечисленные виды многощетинковых червей являются случайными интродуцентами. Большая часть из них имеет длительную пелагическую стадию развития и, вероятно, проникли в Чёрное и Азовское моря на личиночной стадии с балластными водами судов. Виды *P. reniformis* и *H. dianthus* помимо балластных вод могли быть занесены с обрастанием на днищах судов, а *P. websteri* – экспортирована в Чёрное море с объектами марикультуры.

В пространственном плане чужеродные виды полихет распределились в биотопе скал и камней, и в биотопе рыхлых грунтов, причем на рыхлых грунтах виды заняли отличающиеся по глубине экологические ниши. Лишь два вида – *P. websteri* и *H. dianthus* представляют опасность для культивируемых моллюсков и могут быть отнесены к инвазивным видам. Однако и они не угрожают существованию местных видов и экосистем, появление их вместе с прочими чужеродными видами привело к увеличению видового богатства и разнообразия бентоса. Мы склонны полагать, что в условиях обедненного видового разнообразия донных сообществ Чёрного и Азовского морей, виды-вселенцы заняли пустующие экологические ниши. Интродукция большинства из них обогатила ценотические системы бентоса Азово-Черноморского бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Болтачева Н.А. Обнаружение нового вида-вселенца *Streblospio gynobranchiata* Rice et Levin, 1998 (Polychaeta: Spionidae) в Чёрном море // *Морской экологический журнал.* 2008. Т. 7. № 4. С. 12.

Болтачева Н.А. Обнаружение *Polydora cornuta* Bosc 1802 (Polychaeta: Spionidae) в Азовском море // *Морской экологический журнал*. 2013. Т. 12. № 2. С. 30.

Болтачева Н.А. Лисицкая Е.В. Обнаружение *Dipolydora quadrilobata* (Jacobi, 1883) (Annelida: Spionidae) на шельфе Крыма (Чёрное море) // *Морской экологический журнал.* 2014. Т. 13. № 1. С. 5–8.

Болтачева Н.А. Лисицкая Е.В. О видовой принадлежности *Polydora* (Polychaeta: Spionidae) из Балаклавской бухты (Чёрное море) // *Морской экологический журнал.* 2007. Т. 6. № 3. С. 33–35.

Болтачева Н.А. Лисицкая Е.В. Первая находка *Pseudopotamilla reniformis* (Bruguière, 1789) (Annelida, Sabellidae) в сублиторали Чёрного моря // *Российский журнал биологических инвазий.* 2016. № 2. С. 2–6.

Болтачева Н.А., Лисицкая Е.В., Лебедовская М.В. Новый для Чёрного моря вид полихет *Hydroides dianthus* (Verrill, 1873) (Polychaeta: Serpulidae) из прибрежных вод Крыма // *Морской экологический журнал.* 2011. Т. 10. № 2. С. 34–38.

Киселёва М.И. *Многощетинковые черви* (*Polychaeta*) *Чёрного и Азовского морей.* Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. 409 с.

Лисицкая Е.В., Болтачева Н.А., Лебедовская М.В. Новый для фауны Украины вид *Polydora websteri* Hartman, 1943 (Polychaeta: Spionidae) из прибрежных вод Крыма (Чёрное море) // *Морской экологический журнал*. 2010. Т. 9. № 2. С. 74–80.

Лисицкая Е.В., Болтачева Н.А. Первая находка полихеты *Dinophilus gyrociliatus* O. Schmidt, 1857 (Annelida: Dinophilidae) у берегов Крыма (Чёрное море) // *Морской биологический журнал*. 2016. № 2. С. 39–42.

Лосовская Г.В., Нестерова Д.А. О массовом развитии новой для Чёрного моря формы многощетинкового кольчатого червя *Polydora ciliata sep. limicola* Annenkova в Сухом лимане (северо-западная часть Чёрного моря) // *Зоологический журнал*. 1964. Т. 43. № 10. С. 1559–1560.

Маринов Т.М. *Многочетинести червеи* (*Polychaeta*). *Фауна на България*. София: Изд. Бълг. АН, 1977. 258 с.

Мурина В.В., Селифонова Ж.П., Мельник В.Ф. Находка многощетинкового червя *Streblospio* sp. (Polychaeta: Spionidae) в Новороссийском порту Черного моря // *Морской экологический журнал.* 2008. Т. 7. № 1. С. 46.

Сёмин В.Л., Коваленко Е.П., Савикин А.И. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) из дельты р. Дон // *Российский журнал биологических инвазий*. 2014. № 4. С. 97–101.

Сёмин В.Л., Сикорский А.В., и др. Вселение представителей рода *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) в дельту Дона и Таганрогский залив // *Российский журнал биологических инвазий.* 2016. № 1. С. 109–120.

Boltachova N.A., Lisitskaya E.V., Podzorova D.V. The population dynamics and reproduction of *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae), an alien polychaete worm, in the Sevastopol Bay (Black Sea). *Ecologica Montenegrina*. 2015. № 4. P. 22–28.

Radashevsky V.I., Selifonova Zh.P. Records of *Polydora cornuta* and *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae) from the Black Sea. *Mediterranean Marine Science.* 2013. № 14(2). P. 261–269.

Surugiu V. Inventory of inshore polychaetes from the romanian coast (Black Sea). *Mediterranean Marine Science.* 2005. Vol. 6. Iss. 1. P. 51–73.

Surugiu V. Data regarding the occurrence of *Dipolydora quadrilobata* (Jacobi, 1883) (Polychaeta: Spionidae) in the Romanian sector of the Black Sea. *Aquatic Biodiversity International Conference*, 8–11 October 2009, Sibiu, România. P. 29.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА МОРСКОМ ДНЕ

С.Г. Миронюк[1], В.И. Мысливец[2]

[1]Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[2]МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
mironyuksg@gmail.com; myslivets@yandex.ru

Введение. В последние десятилетия на смену прежним представлениям о монотонном, слабо расчлененном рельефе океанского дна пришли новые взгляды. Дно океанов и морей оказалось весьма неровным, с крупными возвышениями, подводными хребтами, нагорьями, плато и возвышенностями. Количество вновь открываемых подводных гор превысило 16 тысяч и продолжает расти. Абиссальные равнины оказались не только плоскими, но и волнистыми; эти последние сменяются зонами холмистого рельефа. Самая длинная горная цепь планеты оказалась подводной – система срединно-океанических хребтов опоясывает земной шар и вдвое превосходит по длине экватор.

Наряду с крупными неровностями стали изучаться формы средних и небольших размеров, а подводное фотографирование открыло целый мир микрорельефа дна океана. Абиссальные глубины оказались подвержены не только тектоническим воздействиям, сейсмичности, вулканизму и метаморфизму; большую роль в определении их облика играют экзогенные процессы. В 1973 г. В.В. Лонгинов разделил их на три большие группы – гравитационные, гидрогенные и биогенные. За прошедшие годы произошло значительное усовершенствование старых и появление новых средств изучения океанского дна. Разработка шельфовых месторождений, строительство морских ветропарков и линейных сооружений, использование биоресурсов и другие аспекты использования морского дна привели к тому, что некоторые его участки стали очень детально изучаться, а это привело к появлению новой информации о геолого-геоморфологических процессах. О некоторых связанных с этим проблемах пойдет речь в настоящей работе.

Гравитационные процессы. Традиционно основными из них считают оползни и мутьевые (суспензионные) потоки. Исследования последних десятилетий, во-первых, расширили это список, во-вторых, выявили грандиозные масштабы форм рельефа дна, созданных этими процессами.

Так, движение грунта вниз по склону под действием силы тяжести оказалось весьма разнообразным явлением. Выделяют крип – медленное движение материала, различные виды потоков – обломочных (дебрис-флоу), зерновых (грейн-флоу), песчаных сэнд-флоу, илистых (мад-флоу). Оползни на шельфе при определенных условиях могут происходить при уклонах менее 1° и захватывать большие участки. Они случаются чаще всего в сейсмичных районах, при высоких скоростях осадконакопления, когда грунтовые воды не успевают отжиматься и возникает слой с повышенным внутрипластовым давлением. Такой слой может образоваться и при выделении метана, если осаждающийся материал насыщен органикой.

Периферийные части океанов, где скапливаются огромные массы выносимого с континентов осадочного материала, – арена развития гигантских оползней. Давно известны оползни Блейк-спур и у мыса Гаттерас, где оползанию были подвержены целые стратиграфические толщи. Детальное изучение подводной окраины северо-западной Европы выявило многочисленные оползни размерами в десятки километров; стенки отрыва оползневых тел достигают иногда сотен метров. Севернее, напротив побережья Норвегии, обнаружен самый крупный на Земле оползень Сторегга. Длина его стенки отрыва составляет 290 км, а длина оползневого тела достигает 800 км. Возраст события около 7 тысяч лет назад; оно, вероятно, было вызвано сейсмическим толчком. Такой крупный оползень вызвал цунами, следы которого, вероятно, сохранились в виде песчаного прослоя среди илистых отложений на низменном побережье Шотландии [Dawson et al., 1988]. К северо-западу от Шпицбергена

выявлен потенциальный оползень – мощная толща осадочных пород, готовая к движению вниз по склону.

Изучение мутьевых потоков показало, что они разделяются на две большие группы – потоки малой плотности и потоки высокой плотности. Высокоплотностные потоки способны эродировать верхнюю часть континентального склона и создавать многочисленные подводные эрозионные формы – долины и каньоны. Деятельность мутьевых потоков особенно широко распространилась во время последней гляциоэвстатической регрессии Мирового океана, когда в низких широтах устья рек находились на краю континентального шельфа, а в высоких широтах – в Северной Атлантике, Норвежско-Гренландском бассейне и других районах огромные массы осадочного материала выносили к побережьям ледники; в ходе дегляциации этот материал входил в состав многочисленных ледниково-мутьевых потоков [Матишов, 1984]. Подводным каньонам и конусам выноса посвящен большой объем литературы. Описаны гигантские абиссальные конусы типа Бенгальского, сопоставимые по размерам с расположенным рядом полуостровом Индостан.

Интересно, что некоторые гигантские конусы отмечают устья рек, не существующих в наше время. Лаврентийский конус расположен напротив эстуария Св. Лаврентия, и лишь к его вершине приурочена одноименная река. Ее нынешний сток наносов не позволяет заполнить эстуарий. Самым ярким свидетелем существования в прошлом очень крупной реки является Медвежинский конус. Оба упомянутых конуса образованы не только и не столько аллювиальными, сколько флювиогляциальными отложениями, образующимися при таянии выводных ледников, наследовавших долины древних рек.

В некоторых районах океанского дна русловые системы стока мутьевых потоков не затухают, выходя на прилегающие равнины, а продолжаются в виде так называемых абиссальных каналов. Иерархия и черты строения абиссальных каналов Хейзена, Мори и других детально изучена Г.Г. Матишовым [1984]. Лежащие на продолжении эрозионных форм континентального склона абиссальные каналы, сливаясь, образуют магистральные каналы, а те в свою очередь – срединно-океанические каналы. Самый крупный из них расположен в северо-западной Атлантике и носит имя Б. Хейзена, известного морского геоморфолога. Здесь черты подводной орографии способствовали тому, что мутьевые потоки, сходившие во время дегляциации с подводных окраин Лабрадора, Баффиновой Земли, Гренландии, Исландии, сливались в единое русло, выходившее на абиссальную равнину открытого океана. Другой абиссальный канал, Мори, расположен к востоку от хребта Рейкьянес. Ширина каналов достигает 10 км, глубина – 200 м, длина до 4 тыс. км. Протяженность канала Хейзена достигает 4500 км (как у реки Лена). Каналы окаймлены прирусловыми валами высотой 150–250 м; тальвег меандрирует по плоскому днищу канала, который и сам иногда образует излучины. Вниз по течению глубина каналов уменьшается до 50–25 м, а уклоны – до нескольких минут. Каналы выстланы песком, перекрытым голоценовыми илами [Матишов, 1984].

Каналы представляют собой одну из загадок нашей планеты. Высокие скорости мутьевых потоков на континентальных склонах, приводящие к обрыву телеграфных кабелей, понятны. Но скорости потоков на абиссальных равнинах, позволяющие переносить пески на тысячи километров, ставят много вопросов. Движение должно быть турбулентным, чтобы осадочный материал оставался во взвешенном состоянии. Но возникает вопрос – почему при этом не диссипирует энергия потока? Какова природа этого движения? Высокие скорости мутьевых потоков не позволяют использовать натурные наблюдения (датчики разрушаются течением взвеси). Опыт математического моделирования, предпринятый В.В. Жмуром и Д.А. Саповым [2013], показал, что возможны три режима взвесенесущих плотностных потоков: два затухающих и один – катастрофический, с возрастающей интенсивностью. Но и для этого режима необходимы значительные уклоны.

Гидрогенные процессы. Наиболее значительным открытием в этой области явилось обнаружение системы придонной циркуляции в Мировом океане и следы ее воздействия на дно – гигантские аккумулятивные хребты («дрифты»), перерывы в осадконакоплении, многочисленные эрозионные формы. Среди последних Д. Кеннет [1987] называет промоины – эрозионные

желоба длиной до нескольких километров, шириной несколько метров и глубиной от 1 до 20 м, рвы, маргинальные каналы. Области размыва приурочены к возвышенностям океанского дна, находящимся в потоке придонного течения. Кроме механической эрозии большую роль в денудационных процессах абиссали играет химическое растворение карбонатных осадков. Многочисленны аккумулятивные формы, от рифелей и знаков ряби, до подводных дюн и волн осадков на глубинах 4–5 км. Шаг этих волн около двух километров, высота до 50 м. Одна из наиболее крупных аккумулятивных форм – осадочный хребет Блейк-Багама к востоку от Флориды; его длина около 800 км, ширина 400 км, относительная высота 2 км.

На востоке Тихого океана, между разломами Кларион и Клиппертон, зафиксированы формы как русловой, так и площадной эрозии. Эрозионные врезы имеют в глубину до 100 м, ширину 1,5–2 км и длину до 100 км. Они образовались в среднем миоцене – плиоцене и погребены постэрозионными отложениями [Инженерная геология … 2004].

Специфическим для океанского дна является режим «неотложения», когда не происходит ни размыва, ни аккумуляции. Скорость придонного течения недостаточна для размыва осадка, но ее хватает чтобы препятствовать осаждению частиц.

Воздействие льда на дно. Материал на эту тему обобщил С.А. Огородов [2011]. Он выделяет пассивную (береговой припай, блокирующий волновое воздействие) и активную роль морского льда. Активная роль может заключаться в выпахивающем воздействии килей айсбергов на дно, образовании ложбин размыва вокруг стамух и в других местах. Одним из авторов настоящей работы (В.М.) борозды айсбергового выпахивания (плугмарки) наблюдались к северу от побережья Аляски, в море Бофорта, на глубинах 100–130 м. В Баренцевом море они обнаружены на глубине 340–350 м и более. К северу от Шпицбергена такие борозды известны на глубине до 800 м. Проблемы, связанные с этими формами, следующие. Какова максимальная глубина воздействия льда на дно в данном районе в настоящее время? Борозды, встреченные на больших глубинах, – результат гляциоэвстатических регрессий или показатель размеров айсбергов прошлого?

Подводный карст. Карстовые источники типа воклюз известны давно на юге Франции, в Хорватии и других районах. В Чёрном море разгрузка подземных вод происходит у мыса Айя в Крыму, напротив Гагрского хребта в Абхазии. Выше упоминалось о растворяющем воздействии придонных вод на карбонатные осадки. Детальные исследования, проведенные на полигоне Кларион – Клиппертон, показывают, что на абиссальном дне встречаются и более привычные карстовые формы – воронки, котловины, поноры, карры. Одна из таких воронок имеет по бровке диаметр 400 м, глубину 90 м [Инженерная геология… 2004]. Целый карстовый ландшафт обнаружен на дне Средиземного моря к югу от Греции. Здесь, в пределах вала Геродота, на поверхность дна выведены мессинские эвапориты, и к ним приурочены карстовые полья, воронки, поноры и т.д.

Гидротермальная деятельность на абиссальных глубинах. Черные и белые «курильщики» срединно-океанических хребтов привлекают интерес прежде всего как глубоководные оазисы необычной жизни, фрагменты альтернативной биосферы, не зависящей от солнечной энергии. Формирующиеся на глазах месторождения сульфидных руд могут поведать о происхождении подобных образований на суше. Однако глубоководные гидротермы еще и геоморфологический феномен: высота этих форм может достигать сотни метров и выше.

Биогенные процессы. О том, что одни бентосные организмы относятся к камнеточцам, а другие к илоедам, известно давно. В последние десятилетия выяснились грандиозные масштабы этой деятельности. На глубинах 3–4 км илистое дно почти всегда носит следы биотурбации и жизнедеятельности бентосных организмов. Как правило, это голотурии и другие иглокожие, полихеты, черви, которые могут достигать 1 м в длину и 5 см в диаметре и другие организмы. В этих районах поверхность дна испещрена бороздами, спиралями, разного рода отпечатками, холмиками, отверстиями [Ильин, 1996].

Материал о бентосных организмах обобщил И.А. Жирков [2010]. По его данным, глубоководные агерматипные кораллы могут жить на глубинах от 1 до 4 тыс. м, образовывать банки и даже настоящие рифы. Однако если мелководные рифы образуют до 1000 организмов, то

глубоководные рифы строят около 10 видов. В благоприятных условиях высота таких рифов над окружающей поверхностью достигает 10–35 м.

Флюидогенные процессы. Этим непривычно звучащим названием обозначены процессы глобальной «холодной» дегазации недр, имеющие самые различные масштабы и выраженные на поверхности морского дна в виде разрывных нарушений, покмарок (газовых воронок) различной морфологии, газогидратных холмов, бугров (т.н. «домов»), грязевых вулканов, карбонатных коралловидных построек высотой до 3–4 м и других образований [Миронюк, Отто, 2014]. Представляется актуальной задача их классификации.

Дегазация может быть приповерхностной, связанной с преобразованиями органического вещества в осадочной толще, и глубинной, каналы которой берут начало на глубине в несколько километров и больше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Жирков И.А. *Жизнь на дне. Биоэкология и биогеография бентоса*. М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010. 453 с.

Жмур В.В., Сапов Д.А. Катастрофические взвесенесущие гравитационные потоки // *Мировой океан.* Т. 1. М.: Научный мир, 2013. С. 499–524.

Ильин А.В. *Изменчивый лик глубин*. М.: Недра, 1996. 186 с.

Инженерная геология рудной провинции Кларион – Клиппертон в Тихом океане. СПб.: Наука, 2004. 281 с.

Кеннет Д. *Морская геология*. Т. 2. М.: Мир, 1987. 384 с.

Матишов Г.Г. *Дно океана в ледниковый период*. Л.: Наука, 1984. 176 с.

Миронюк С.Г., Отто В.П. Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений // *Геориск*. 2014. № 2. С. 8–18.

Огородов С.А. *Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны.* М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 173 с.

Dawson A.G., Long D., Smith D.E. The Storegga slides: evidence from eastern Scotland for a possible tsunami. *Mar. geol.* 1988. Vol. 82. No 3–4. P. 271–276.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ АЗОВСКОГО МОРЯ (по данным экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в 2015 г.)

Е.П. Олейников[1], К.С. Григоренко[1], А.В. Клещенков[1]

[1] Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
klim_grig@mail.ru

Для оценки термохалинной структуры вод водоема в экспедиционных исследованиях с борта НИС ПТР «Денеб» в 2015 г. был проведен ряд экспедиционных исследований. В весенний период с 5 по 21 марта 2015 г. выполнено 10 станций в Азовском море и две станции в Керченском проливе, в летне-осенний период с 4 по 6 сентября 2015 г. – выполнена 21 станция в Азовском море и 1 в Керченском проливе, в зимний период с 8 по 10 декабря 2015 г. с борта НИС «Денеб» – выполнено 11 станций в Азовском море и Керченском проливе. CTD-профилирование выполнялось гидрологическим СТД-зондом SEACAT SBE 19.

Станции экологического мониторинга расположены на разрезе Керченский пролив – судовой ход Азовского моря – нулевой километр Азово-Донского магистрального канала.

Полученные данные обрабатывались при помощи программного обеспечения фирмы-производителя зонда Sea-Bird Electronics Inc.

На первом этапе, 6 марта 2015 г., судно двигалось в направлении Керченского пролива, отмечено равномерное увеличение солености и температуры в направлении от Таганрогского залива до Керченского пролива. На станциях в центре Азовского моря отмечен пик солености со значениями 13,63–13,24 PSU. На станции, расположенной в районе Должанской косы, отмечен локальный пик температуры 2,97 °С.

На втором этапе судно двигалось в обратном направлении, 18 марта отмечено уменьшение температуры в направлении Таганрогского залива, в центре акватории Азовского моря также отмечен пик температуры, с максимальным за период экспедиции значением – 4,16 °С. Соленость в этом районе также больше. В целом, соленость по станциям в этот период колебалась в пределах 12,99–13,48 PSU.

Отдельно рассмотрим термохалинную структуру водной массы в Керченском проливе. На станциях, расположенных с южной стороны пролива, наблюдалась стратификация водной массы со слоем скачка. В центре пролива водные массы Азовского и Чёрного морей равномерно перемешаны, в северной части пролива отмечается влияние вод Азовского моря. Соленость колеблется в пределах 13,21–13,26 PSU, а температура понижается в придонном слое (3,89–3,62 °С).

В начале сентября максимальное значение температуры отмечено в районе устья р. Кубань – 25,9 °С (зарегистрировано у поверхности), а минимальное значение – 22,76 (зарегистрировано на глубине 9 м) – отмечено в прикерченском районе, там же зафиксирован максимум солености 16,4 PSU (на горизонте 10 м), минимум солености зафиксирован на траверсе Сазальницкой косы и составил 10,49 PSU.

В Керченском проливе, в южной и юго-западной части акватории Азовского моря отмечается значительная адвекция черноморских вод. У западного побережья зафиксированы значения солености, превышающие 13 PSU. У южного и юго-восточных побережий – до 14 PSU, вертикальный разрез водной массы по температуре и солености представлен на рисунке 1.

В декабре максимальные соленость и температура фиксируются в южной части Керченского пролива, в зоне смешения с черноморскими водами в целом, водные массы Керченского пролива перемешаны, стратификации не наблюдается. Соленость достигает 17,9 PSU, температура – 12 °С

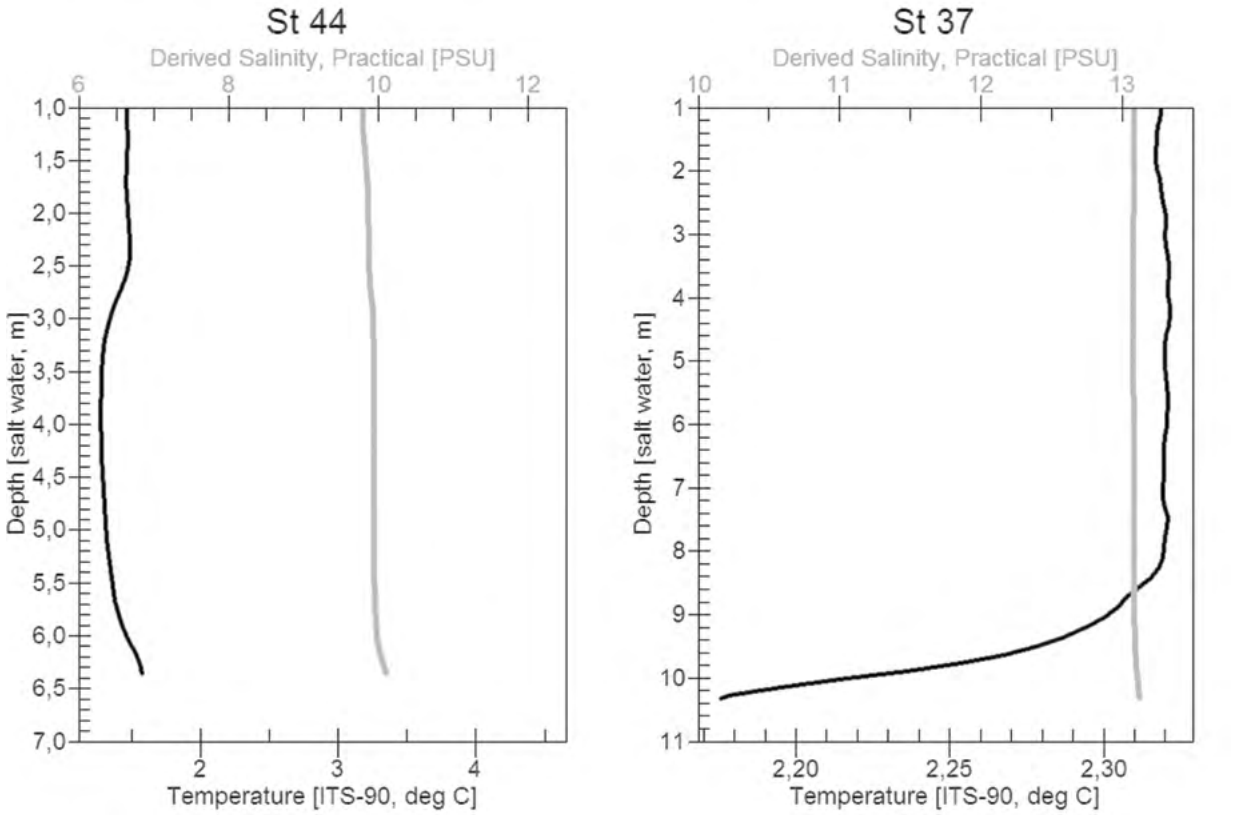


Рис. 1. Вертикальные распределения температуры и солености в центральной части акватории Азовского моря (станция 37) и в Таганрогском заливе (станция 44) во время экспедиции НИС «Денеб» 5–21 марта 2015 г.

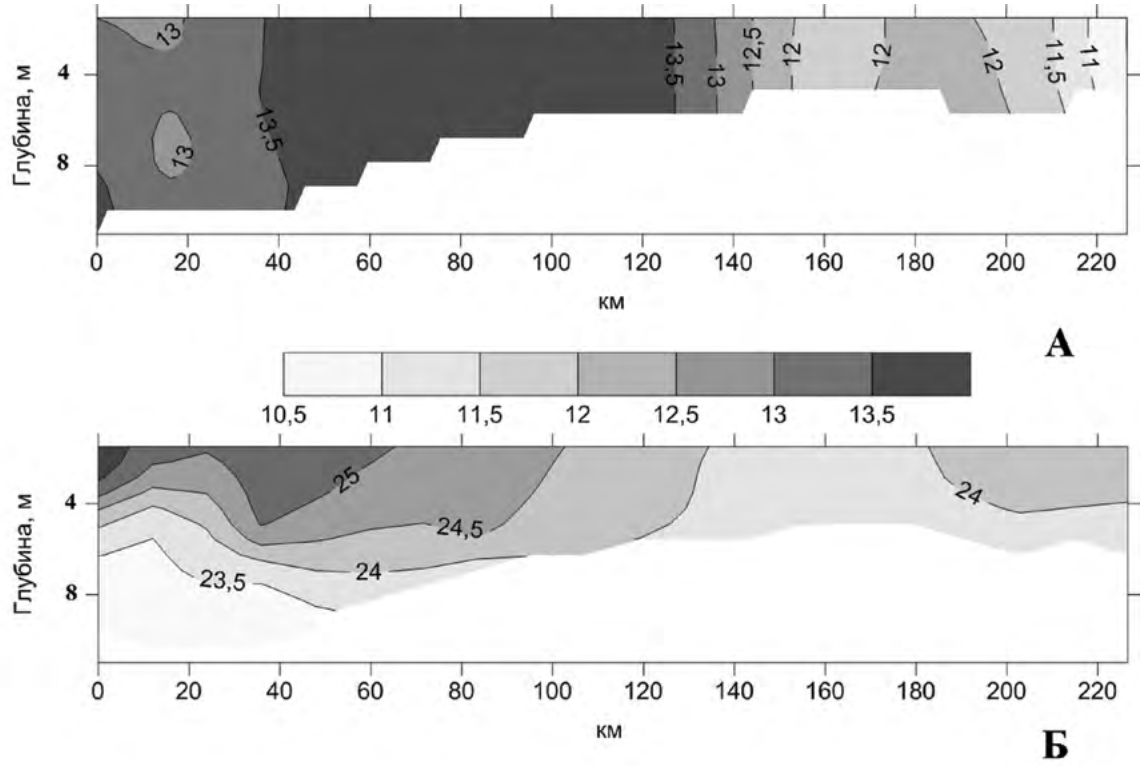


Рис. 2. Вертикальные разрезы по солености (А) и температуре (Б) во время экспедиции НИС «Денеб» 2–6 сентября 2015 г. в Азовском море

Непосредственно в Азовском море водная масса слабо стратифицирована. Наблюдаются значения температуры 4–6 °С и солености до 13,7 PSU.

В Таганрогском заливе наблюдались адвекция азовоморских вод и обратная температурная стратификация, в поверхностном горизонте до глубин 2,5–3 м наблюдалось понижение солености, глубже и до самого дна – повышение. Температура на поверхности достигала значений 4,2 °С, на дне – 4,8 °С. Соленость на поверхности имела значения 8,5 PSU, в промежуточном слое – 8,2, а в придонном горизонте – до 8,8 PSU.

Проведенные экспедиционные исследования позволяют анализировать сезонную изменчивость термохалинной структуры Азовского моря и говорить об осолонении акватории моря и о проникновении черноморских вод на значительные расстояния в различные периоды года, по сравнению с периодом распреснения моря в 2000-х годах [Матишов и др., 2012, 2014].

Работа выполнена при финансовой поддержке базовой темы НИР «Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России», № гос. регистрации 01201363187.

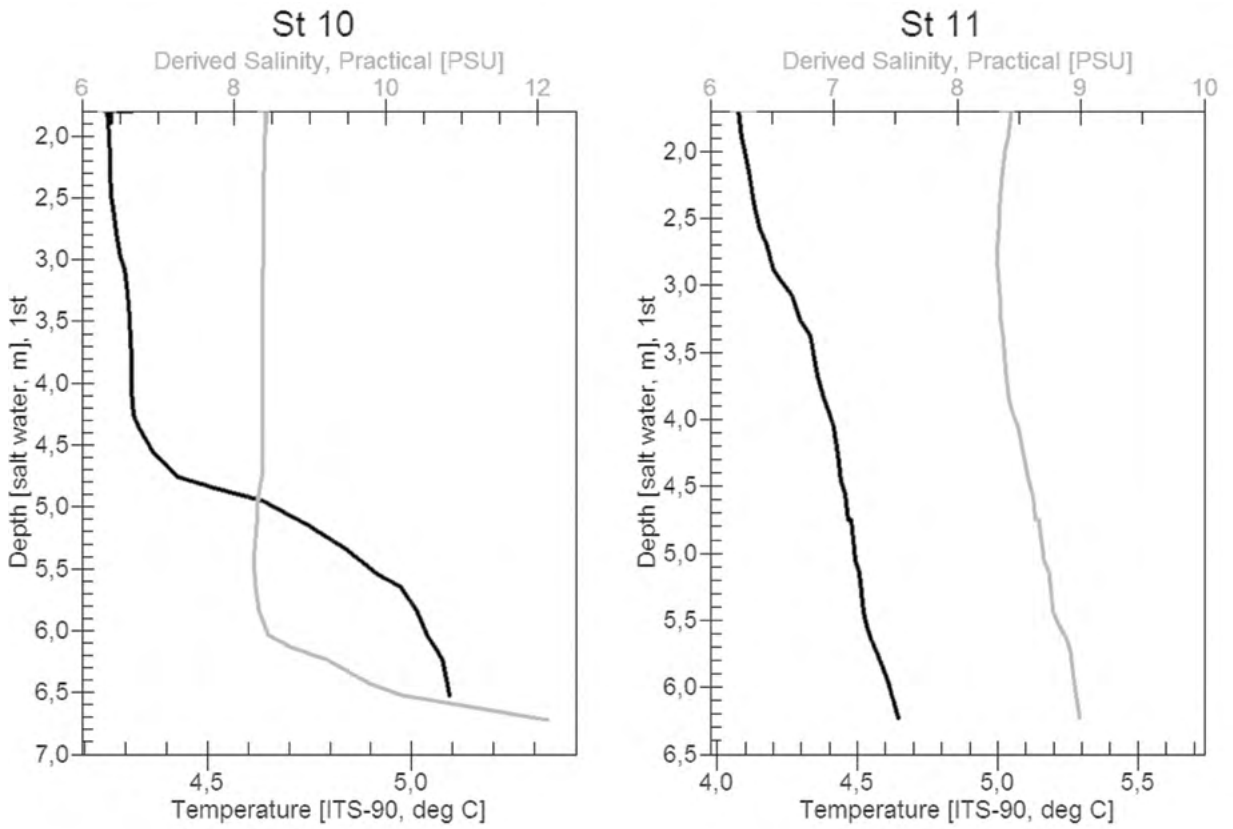


Рис. 3. Вертикальные распределения температуры и солености в Таганрогском заливе Азовского моря во время экспедиции НИС «Денеб» 8–10 декабря 2015 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Матишов Г.Г., Бердников С.В., и др. *Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария* (1878–2013). *Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Чёрное, Азовское и Каспийское моря.* Ростов н/Д: Издательство ЮНЦ РАН, 2014. 256 с.

Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Чикин А.Л. Моделирование ледостава в Азовском море с учетом климатического тренда в начале XXI века // *Доклады Академии наук.* 2012. Т. 445. № 5. С. 590.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ pH ДОННЫХ ОСАДКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ШЕЛЬФА ЧЁРНОГО МОРЯ

С.Г. Парада[1], В.С. Алексеенко[2]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]ООО «НПП Гидросфера», г. Ростов-на-Дону, Россия
parada@ssc-ras.ru, slavaccc1987@yandex.ru

Одной из современных проблем изучения и освоения Мирового океана является применение травмирующих биоту сейсмических методов поисков углеводородного сырья на шельфе [Матишов и др., 2011а]. Применение этих методов можно существенно сократить, если использовать предварительно космические методы, основанные на изменениях отражательной способности ландшафтов в результате химического воздействия восходящих потоков углеводородных флюидов, в т.ч. и подводных илов [Матишов и др., 2011б]. Эти геохимические изменения илов можно зафиксировать геохимическими методами [Серебренникова, 2008]. Известно, что потоки углеводородных флюидов, восходящих в том числе от промышленных залежей, окисляются при взаимодействии с кислородом бикарбоната морской воды, что подтверждается изотопным составом кислорода, входящего в состав аутигенных черноморских карбонатов, а также метаноокисляющими бактериями [Леин и др., 2007]. В результате происходит увеличение карбонатов в осадке и повышение pH ила.

Нами проведено исследование pH донных осадков северо-восточной континентальной окраины Чёрного моря в районе Гудаутского неотектонического поднятия, где по сейсмическим данным выделяются локальные неотектонические структуры в средне-верхнеюрских и нижнемеловых отложениях, а также карбонатные рифогенные постройки верхней юры [Афанасенков и др., 2007], которые представляют собой геологические ловушки углеводородов и рассматриваются как перспективные объекты на обнаружение залежей нефти и газа.

Отбор проб донных осадков осуществлялся нами в ходе проведения научно-исследовательской экспедиции в августе 2010 г. Станции отбора располагались на 7 профилях, ориентированных перпендикулярно береговой линии, через 1500 м. Профили располагались на расстоянии 3000 м один от другого (рис. 1). Всего отобрано 260 проб.

Пробы отбирались грунтовой прямоточной трубкой длиной 2,5 м. Перед спуском грунтовой прямоточной трубки в нее помещался цельный полиэтиленовый пакет длиной около 2,5 м и диаметром 10 см. Это проводилось с целью сохранения литологической целостности отбираемых проб, а также с целью предотвращения «заражения» отбираемых проб металлами от корпуса грунтовой трубки. После подъема грунтовой трубки на палубу научно-исследовательского судна проводилось литологическое описание поднятых со дна четвертичных отложений. С интервала 10–15 см от верней части керна, поднятого со дна грунтовой трубкой, отбиралась проба для определения водородного показателя донных осадков. Интервал опробования обусловлен тем, что в интервале 0–10 см осадки представлены илами жидкообразной консистенции, неплотными, неслоистыми, нелитифицированными. Осадки в интервале 0–10 см могут быть подвержены поверхностному загрязнению, перемываться морскими течениями и волной деятельности моря. Исключением являются пробы, отобранные дночерпателем Ван-Вина, который применялся в случае не отбора пробы прямоточной грунтовой трубкой. Отобранные пробы длиной 5 см запаковывались в пакеты с замком ziplock и хранились в судовой лаборатории без заморозки.

Отобранные на определение водородного показателя pH осадки представлены в основном двумя литологическими разностями: 1) карбонатный ил, сложенный раковинами

моллюсков и глинистым материалом; 2) терригенный глинистый ил с тонкими прослоями кокколитового ила от светло-серого до белого цвета.

Измерение водородного показателя (pH) проводилось потенциометрическим способом с помощью анализатора Эксперт-001, измерительного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения. При помощи лабораторных весов взвешивалась навеска донных отложений равная 10 г. Навеска помещалась в пластиковый стакан, и к ней добавлялось 25 г дистиллированной воды. Донный осадок перемешивался с дистиллированной водой в течение 1 мин. Затем в полученную суспензию погружались электроды, и измерялась величина pH. Показания прибора считывались не ранее чем через 1 мин. после погружения электродов в суспензию.

Результаты лабораторных исследований были обработаны статически. Выявление геохимических аномалий проводилось через медианное значение, которое составило 8,16. Это практически совпадает со среднеарифметическим значением 8,26 при погрешности оценки среднего (λ) равной 0,037. Модальное значение pH (8,14) также не сильно отличается от среднего и медианного. Это значит, что водородный показатель характеризует среду донных отложений как слабощелочную – щелочную. Минимальное значение 7,68, максимальное 9,3. Таким образом, количество станций, соответствующих критерию 1S – 43, количество станций, соответствующих критерию 2S – 14, количество станций, соответствующих критерию 3S – 11.

Дальнейший анализ полученных данных заключался в построении карты распределения значений pH. С этой целью была использована программа ArcGis 9.1. С помощью функции kriking была проведена площадная интерполяция значений pH донных осадков. Полученная карта представлена на рисунке 1.

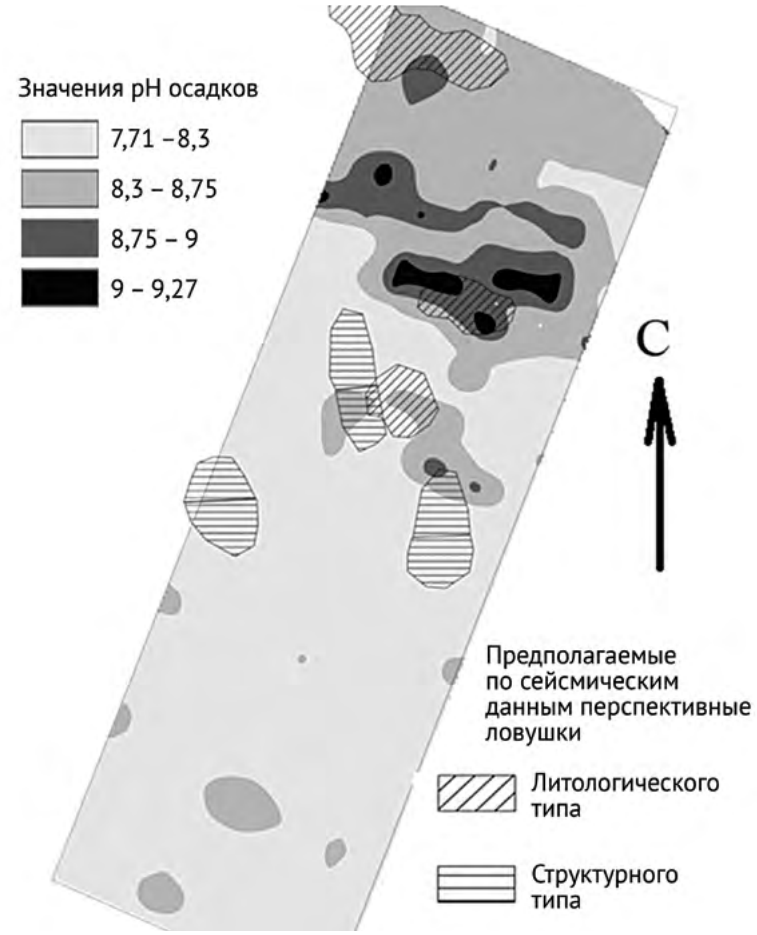


Рис. 1. Сопоставление значений pH в донных осадках и перспективных нефтегазоносных структур, выявленных по данным сейсморазведки

По результатам работ, проведенных ранее по изучению осадков Чёрного моря, водородный показатель характеризуется меньшими значениями. Так, работы по изучению шельфовой зоны Крыма [Кирюхина, Губасарян, 2000] показали, что там современные донные осадки являются нейтральными и слабощелочными (7,55–8,4). В ходе проведенных в 2004 г. ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» комплексных исследований современных инженерно-экологических условий юго-восточной черноморской площади [www.chernomorneftegazcompany.com] замерены значения pH донных осадков, которые составили 7,14–8,70, т.е. опять почти нейтральные или слабощелочные.

Таким образом, осадки Чёрного моря, отобранные в пределах Гудаутского поднятия, по сравнению с другими участками шельфа Чёрного моря характеризуются повышенными значениями pH (7,86–9,27).

Сопоставление с рельефом показало, что аномальные значения pH приурочены в основном к шельфовой зоне и выровненным участкам материкового склона. Сопоставление значений pH и литологического состава осадков позволило убедиться, что аномальные значения pH не зависят от состава осадков, они отмечаются как для карбонатных осадков, так и для глинистых илов.

Сравнение участков повышенных показателей pH донных осадков с участками развития потенциально нефтегазоносных геологических структур, выявленных по сейсмическим данным, показывает, что они часто совпадают в пространстве. Следовательно, повышение pH может быть вызвано восходящими из углеводородных залежей флюидами. Там, где совпадение аномалий pH с геологическими структурами не отмечается, выявленные сейсмикой ловушки, скорее всего, не содержат такие залежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. *Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона*. М.: Изд-во Научный мир, 2007. 172 с.

Давыденко Д.Б., Финкельштейн М.Я. Прогнозирование нефтегазоносности по многоспектральным космоснимкам в среде ГИС ИНТЕГРО // *Геоинформатика*. 2004. № 1. С. 41–49.

Кирюхина Л.Н., Губасарян Л.А. Биогеохимические характеристики черноморских осадков шельфовой зоны Крыма // *Экология моря*. 2000. Вып. 50. С. 18–21.

Леин А.Ю., Богданова О.Ю., и др. Минералого-геохимические особенности аутигенных карбонатов на сиповых и гидротермальных полях (на примере черноморских рифов и построек поля Сити) // *Океанология*. 2007. Т. 47. № 4. С. 577–593.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., и др. Риски реализации проектов геологоразведки и нефтедобычи в условиях сероводородной зоны Чёрного моря // *Вестник Южного научного центра*. 2011а. Т. 7. № 1. С. 59–63.

Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России // *Геология и геофизика юга России*. 2011б. № 1. С. 20–31.

Серебренникова О.В. *Геохимические методы при поиске и разведке месторождений нефти и газа*. Ханты-Мансийск: Изд-во РИЦ ЮГУ, 2008. 172 с.

Тимофеев В.А., Тимофеев А.А., Парада С.Г. Теоретические предпосылки промышленной нефтегазоносности палеозойских комплексов Предкавказья // *Вестник Южного научного центра*. 2009. Т. 5. № 4. С. 50–61.

URL: http://www.chernomorneftegazcompany.com/reports/EcologicalStudiesSouthWestBlackSeaArea.pdf

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА «А» В АЗОВСКОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В.В. Сапрыгин[1], В.В. Кулыгин[1], Л.В. Дашкевич[1], С.В. Бердников[2]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
vlad_rostov@inbox.ru

В данной работе представлены основные результаты оценки пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла «а» (КХа) в акватории Азовского моря по данным сканера MERIS за 10 лет его работы на орбите (март 2002 – апрель 2012 г.). Методика обработки снимков, особенности верификации на основе экспедиционных наблюдений *in situ* и другая информация представлена в следующих публикациях [Матишов и др., 2010; Сапрыгин, 2011; Бердников и др., 2012; Moses et al., 2012, и др.].

По результатам проведенной работы, на основе данных спутниковых снимков сканера MERIS за период 2002–2012 гг. и экспедиционных исследований выявлены следующие особенности пространственно-временного распределения КХа в Азовском море.

В акватории Азовского моря за 2002–2012 гг. можно выделить два ежегодно повторяющихся пика (весенний и летне-осенний) в развитии фитопланктона (и следующие за ними периоды депрессии). Их продолжительность и сроки наступления в зависимости от районов моря различны. Весенний пик соответствует массовому развитию диатомового комплекса фитопланктона, его начало и продолжительность зависит от ледовой обстановки и температурных условий предшествующей зимы [Студеникина и др., 1999]. По данным спутниковых наблюдений в Таганрогском заливе (ТЗ) и северном районе собственно моря (СМ) весенний максимум КХа наблюдается в среднем на месяц позже, чем на остальной акватории (рис. 1), вероятно, это связано с более поздним прогревом поверхностного слоя в северной части Азовского моря. КХа в морских водах в разных районах начинает расти в феврале – начале апреля, после чего по мере завершения развития ранневесеннего комплекса фитопланктона достигает минимальных значений конце апреля – начале июня.

Второй пик развития фитопланктона Азовского моря связан с бурным ростом теплолюбивых видов и цветением синезеленых водорослей [Студеникина и др., 1999], наблюдается в августе – сентябре практически одновременно в ТЗ и СМ. При этом высокие КХа могут наблюдаться в отдельных районах как в июле, так и в октябре, и даже ноябре (например, в ноябре 2009 г. в центральном районе ТЗ средняя КХа составила 61 мг/м^3). В СМ фитопланктон продолжает годовой цикл развития дольше, чем в ТЗ, так как его акватория позднее покрывается ледовым покровом. Согласно двум обобщающим работам по фитопланктону Азовского моря [Студеникина и др., 1999; Макаревич, 2007], интенсивность весеннего максимума развития фитопланктона оценивалась значительно выше осеннего с вкладом в годовую биомассу более 30 %. По нашим оценкам на основе спутниковых снимков, в современный период летне-осенняя фаза развития фитопланктона продолжительнее весенней и характеризуется более высокими значениями КХа на всей акватории моря. Это удалось доказать с помощью анализа нелинейного тренда в сезонном распределении КХа [Огнева и др., 2014]. За десять лет спутниковых наблюдений исключение составили только два случая, когда первый пик развития фитопланктона был более мощным: весной 2010 года в акватории СМ и в марте 2008 г. в восточной части ТЗ (рис. 1).

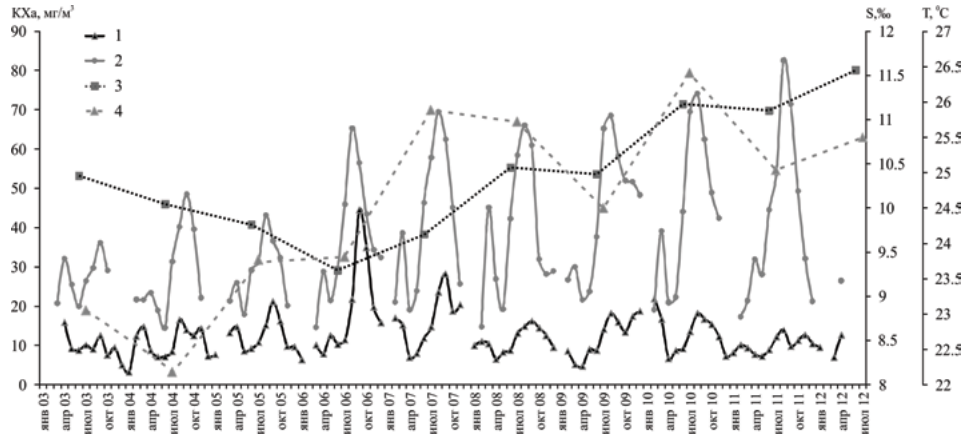


Рис. 1. Сезонная изменчивость средних значений КХа, мг/м³ по районам Азовского моря в 2003–2012 гг.: 1 – СМ; 2 – ТЗ; 3 – средняя годовая соленость, ‰; 4 – средняя за лето температура воды по станции Таганрог

Данные спутников позволяют получить более детальную картину для всего моря одновременно и с гораздо большей регулярностью наблюдений. Ранее считалось, что «процессы жизнедеятельности всех групп и видов водорослей затухают в преддверии биологической зимы. Зима характеризуется не только низкой биомассой фитопланктона, но и весьма бедным качественным составом водорослей» (цит. по: [Студеникина и др., 1999, с. 56]). Однако это представление следует пересмотреть в связи с результатами экспедиций на ледоколах в зимний период [Ковалёва и др., 2014] и данными спутниковых наблюдений (рис. 1). В случае мягкой зимы первый пик развития фитопланктона в СМ может прийтись на февраль, после чего весенней вспышки развития или не произойдет (пример – зима 2008/09 гг.) или она будет слабо выражена (весна 2011 г.) (рис. 1). На основе проведенного анализа спутниковой информации выявлены тенденция к повышению среднемесячных значений КХа в ТЗ за весь период наблюдений (рис. 1) и смещение весеннего пика на несколько недель к началу года, обусловленные, по-видимому, наблюдающимся потеплением моря [Гинзбург и др., 2011; Dashkevich, Berdnikov, 2016].

Средние величины КХа в ТЗ превышают таковые в СМ во все месяцы года (за единичными исключениями), в большинстве случаев – в несколько раз. С 2002 по 2006 г. зоны максимальных значений КХа в ТЗ наблюдались в его центральной и западной частях, с 2007 г. отмечено их смещение к устью р. Дон. Возможно, это связано с наблюдаемым ростом солености Азовского моря [Dashkevich, Berdnikov, 2016] и соответственно смещением зоны, наиболее благоприятной для развития синезеленых водорослей. В СМ наибольшие значения КХа наблюдаются как в прибрежных зонах, заливах, так и в его центральной части. Отмечено повышение КХа в СМ с начала периода наблюдений в 2002 г. с резким пиком в 2006 г. и последующий ее спад, возможно, это связано с изменениями солености в этот период (рис. 1).

Максимальные за 10 лет наблюдений среднемесячные КХа составили: в СМ (сентябрь 2006 г.) – в юго-восточном, северо-восточном, южном и центральном районах соответственно 74,6; 47,0; 39,7; 37,3 мг/м³ при среднем значении по морю осенью 29,6 мг/м³; в ТЗ (август 2011 г.) в центральном и восточном районах соответственно 109,8 и 101,5 мг/м³, при среднем значении летом в заливе 66,6 мг/м³.

Распределение КХа по снимкам MERIS в акватории Азовского моря имеет пятнистую структуру, что соответствует результатам непрерывных измерений флуориметрическим методом в работе [Шавыкин и др., 2010]. Для пространственного распределения средней за рассматриваемый период КХа по месяцам (рис. 2) характерны следующие особенности. На протяжении года в западном секторе моря наблюдаются более низкие значения КХа в сравнении с центральным и восточным. Это объясняется отсутствием в западном районе моря стока крупных рек и соответственно более низким уровнем содержания биогенов.

В декабре – январе в СМ КХа соответствует 5–10 мг/м^3, минимальные значения (меньше 5 мг/м^3) отмечены у Арабатской стрелки, локальные максимумы (до 30 мг/м^3) – в центральной части ТЗ. В феврале акваторию СМ занимает зона с КХа 10–15 мг/м^3, которая сменяется в марте локальным минимумом (менее 10 мг/м^3) над наиболее глубокими районами моря. В весенний пик развития фитопланктона максимумы КХа отмечаются в вершине ТЗ, зона минимума располагается в западной и центральной частях акватории СМ. В период апрельской депрессии практически все СМ занимает зона с КХа 5–10 мг/м^3, локальные минимумы (менее 5 мг/м^3) отмечаются в его юго-восточной и северо-западной частях; в это же время в вершине ТЗ наблюдаются значения КХа более 30 мг/м^3. В мае по картам можно проследить заток через Керченский пролив вод из Чёрного моря благоприятствующих массовому развитию здесь фитопланктона, площадь зоны с КХа менее 10 мг/м^3 в СМ сокращается. В июне зона депрессии в СМ расширяется, наблюдаются локальные минимумы КХа (менее 5 мг/м^3), в это же время в центральной части ТЗ по мере прогрева вод отмечается начало летнего развития фитопланктона с локальным максимумом в районе Беглицкой косы более 45 мг/м^3. Рост биомассы фитопланктона продолжается в июле с достижением летнего максимума в августе (более 70 мг м^3) в центральном районе ТЗ. В июле – августе в СМ значение КХа находится в пределах 10–20 мг/м^3, за исключением более продуктивного юго-восточного прибрежья. Максимум КХа в СМ до 25 мг/м^3 и более отмечен в сентябре в центральной и юго-восточной его части. В сентябре – октябре в ТЗ наблюдается постепенное снижение значений КХа с сохранением локального максимума в центральном районе ТЗ со смещением в направлении косы Кривой. В октябре – ноябре в восточной и центральной частях СМ значения КХа находятся в пределах 10–20 мг м^3 с локальными минимумами в западной части СМ.

Полученные результаты могут свидетельствовать о климатобусловленных изменениях, происходящих в экосистеме Азовского моря в современный период.

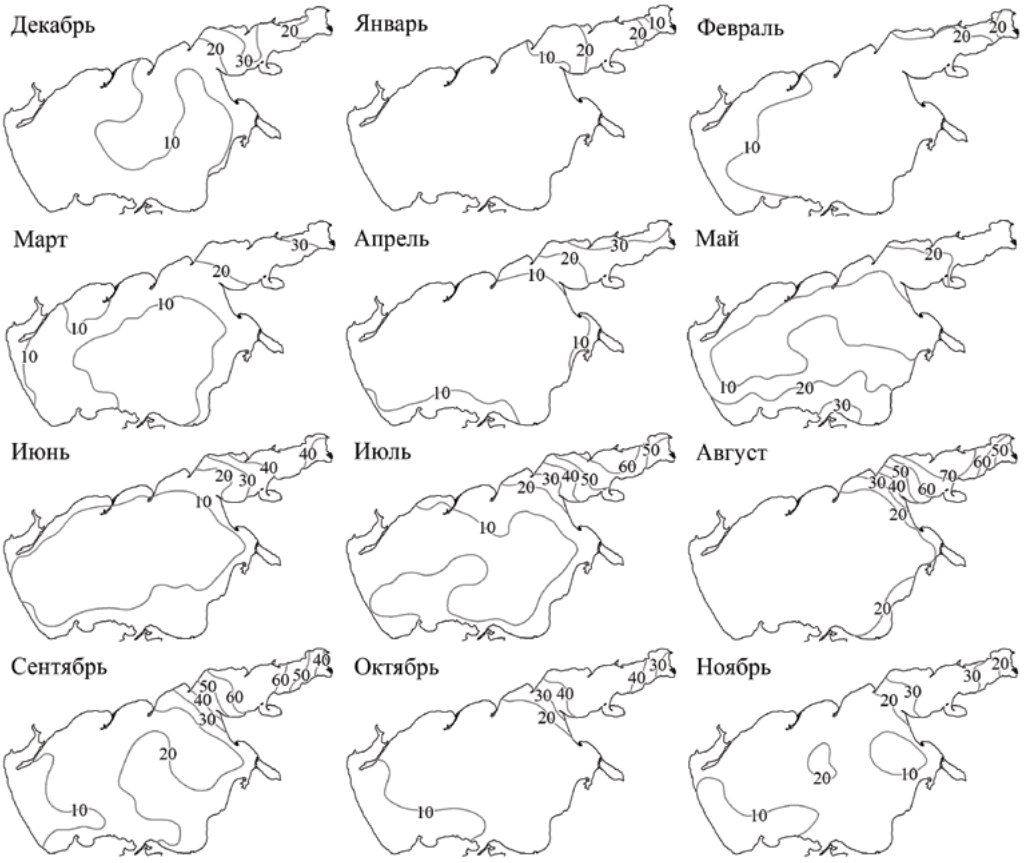


Рис. 2. Карты пространственного распределения концентрации хлорофилла «а» (мг/м^3) по сезонам по данным сканера MERIS за десять лет наблюдений

Работа выполнена в рамках заданий на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности: № 00-14-11 «Анализ динамики природных систем на основе мегабаз данных за многолетний (19–20 века) период наблюдений для выявления и прогнозирования экстремальных природных феноменов, опасных для социально-экономического развития густонаселенных территорий юга России» (№ госрегистрации 01201450487) ЮНЦ РАН и № 01-14-04 «Разработка методов геоинформационного моделирования морских и наземных экосистем» (№ госрегистрации 01201363188) ИАЗ ЮНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бердников С.В., Сапрыгин В.В., и др. Сезонная динамика и пространственное распределение концентрации хлорофилла «а» в Азовском море в 2008–2010 гг. по данным судовых наблюдений и дистанционного зондирования сканером MERIS // *Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования*: сб. науч. ст. / гл. ред. акад. Г.Г. Матишов, акад. В.А. Иванов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. С. 58–71.

Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. Чёрное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982–2009 гг., спутниковая информация) // *Современные проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса.* 2011. Т. 8. № 4. С. 209–218.

Ковалева Г.В., Поважный В.В., и др. Ледовое сообщество микроводорослей в Таганрогском заливе Азовского моря // *Океанология.* 2014. Т. 54. № 5. С. 659–664.

Макаревич П.Р. *Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем: Баренцево, Карское и Азовское моря*; Мурм. морской биол. ин-т КНЦ РАН. М.: Наука, 2007. 223 с.

Огнева Д.С., Местецкий Л.М., и др. Анализ сезонной динамики хлорофилла в водах Таганрогского залива по спутниковым данным // *Экология. Экономика. Информатика (7–12 сент. 2014). Сб. статей в 2 т. Т. 2: Геоинф. технологии и космический мониторинг. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования. Изучение изменчивости окружающей среды и выявление наиболее опасных гидромет. ситуаций в зимний период.* Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2014. С. 308–313.

Сапрыгин В.В. *Изучение распределения хлорофилла-а в Азовском море по данным дистанционного зондирования Земли из космоса и результатам судовых измерений*: дис. … канд. географ. наук. Мурманск: Мурм. морской биол. ин-т КНЦ РАН, 2011. 125 с.

Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. *Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий.* Ростов н/Д: Эверест, 1999. 175 с.

Шавыкин А.А., Бердников С.В., и др. Непрерывные измерения океанологических параметров в приповерхностном слое Таганрогского залива. 1. Определение хлорофилла а флуориметрическим методом // *Вестник Южного научного центра*. 2010. Т. 6. № 3. С. 37–46.

Dashkevich L.V., Berdnikov S.V. Climatic changes and salinity of the Sea of Azov for 100 years // *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016*, www.sgem.org, SGEM 2016 Conference Proceedings, June 18–24, 2016. B. 7. Vol. 2. P. 599–606.

Moses W.J., Gitelson A.A., et al. Operational MERIS-based NIR-red algorithms for estimating chlorophyll-a concentrations in coastal waters – the Azov Sea case study. *Remote Sens. of Environment*. 2012. Vol. 121. P. 118–124.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЖГОДОВЫХ ФЛУКТУАЦИЙ БЮДЖЕТА ТЕПЛА ВЕРХНЕГО СЛОЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

П.А. Сухонос, А.Б. Полонский

Институт природно-технических систем РАН, г. Севастополь, Россия
pasukhonis@mail.ru

Интенсивное взаимодействие океана и атмосферы в Атлантическом океане определяет важность протекающих в этом регионе процессов [Шулейкин, 1937]. Индикатором такого взаимодействия являются аномалии температуры поверхности океана (АТПО). Особенностям формирования АТПО и степени их влияния на атмосферу средних широт уделено большое внимание в литературе (см. например, [Frankignoul, Reynolds, 1983]). Согласно гипотезе Бьеркнеса, высказанной еще более 50 лет тому назад [Bjerknes, 1964], АТПО в средних широтах на сезонных-межгодовых масштабах обусловлены, в основном, атмосферным воздействием. Однако натурные измерения температуры и скорости течений с высоким разрешением показали, что процессы в верхнем слое океана, не связанные непосредственно с тепловыми потоками на его поверхности, также могут оказывать большое влияние на формирование АТПО [Davis et al., 1981]. К сожалению, вклад ряда процессов, протекающих в верхнем слое океана (например, потока тепла из-за турбулентного вовлечения на нижней границе верхнего квазиоднородного слоя (ВКС)), в генерацию аномалий температуры верхнего слоя океана все еще трудно оценить прямыми методами. Особенности пространственно-временной изменчивости крупномасштабных АТПО указывают на тот факт, что характеристики их межгодовой изменчивости существенно зависят и от сезона [Бирман, Позднякова, 1985]. Поэтому актуально уточнение характера межгодовых изменений температуры верхнего слоя океана и механизмов, определяющих эту изменчивость в разных регионах и в разные сезоны.

В связи с этим в настоящей работе анализируется влияние межгодовой изменчивости отдельных компонентов бюджета тепла на изменчивость температуры ВКС в разные сезоны с использованием замкнутого бюджета тепла ВКС.

Данные и методика. В работе использованы среднемесячные данные океанического ре-анализа *ORA-S*3 за период 1959–2011 гг. [Balmaseda et al., 2008]. Пространственное разрешение данных составляет 1 × 1°. Акватория Северной Атлантики ограничена координатами 10° з. д. – 80° з. д. и 0° с. ш. – 60° с. ш.

Уравнение теплового баланса ВКС вытекает из термодинамических соотношений и в предположении о вертикальной однородности температуры в ВКС имеет следующий вид:

$$T_t = - U_x T - V T_y - \frac{(WT)|_{-H}}{H} + \frac{Q_0 - Q_{-H}}{\rho_0 C_P H} + K_L \times \left(T_{xx} + T_{yy}\right) \quad . \qquad (1)$$

Здесь ρ_0 – плотность морской воды в ВКС, C_P – теплоемкость морской воды при постоянном давлении, H и T – толщина и температура ВКС. Средние в пределах перемешанного слоя скорости обозначаются как U, V и W (в зональном, меридиональном и вертикальном направлениях, соответственно). T_x и T_y – зональный и меридиональный градиенты температуры ВКС. Ось x направлена на восток, ось y – на север, а ось z – вертикально вверх. Начало системы координат находится на невозмущенной поверхности океана.

В этом уравнении T_t представляет собой локальное изменение температуры ВКС; UT_x, VT_y и $(WT)_{-H}/H$ – зональная, меридиональная и вертикальная адвекции тепла, соответственно. Q_0 и Q_{-H} характеризуют тепловые потоки на верхней и нижней границах ВКС. Поток тепла на нижней границе ВКС Q_{-H} зависит от скорости заглубления ВКС, скачка температуры

и скорости вертикальных движений у его основания и оценивается по соотношению Крауса – Тернера [Kraus, Turner, 1967], модифицированному на случай горизонтально-неоднородного океана [Полонский, 1989]:

$$Q_{-H} = \begin{cases} \rho_0 C_P (T_0 - T_{-H}) \cdot \left(\dfrac{DH}{Dt} + W_{-H} \right) & при \quad \left(\dfrac{DH}{Dt} + W_{-H} \right) < 0 \\ 0 \quad при \quad \left(\dfrac{DH}{Dt} + W_{-H} \right) \geq 0 \end{cases} . \qquad (2)$$

Здесь DH/Dt – скорость турбулентного вовлечения; $(T_0 - T_{-H})$ и W_{-H} – перепады температуры в слое скачка и вертикальная скорость у нижней границы ВКС.

Последнее слагаемое в правой части уравнения (1) характеризует горизонтальное турбулентное перемешивание при условии замкнутости баланса тепла. Это слагаемое определяется произведением лапласиана температуры ВКС на коэффициент горизонтального турбулентного обмена K_L, величина которого зависит от пространственного масштаба. В настоящей работе оно оценивалось как остаточное слагаемое. Поэтому эта оценка содержит в себе также погрешности расчетов, включая ошибку конечно-разностной аппроксимации. Последняя рассчитывалась апостериорно с помощью оценки остаточных членов ряда Тейлора в разложении поля температуры, определяющих погрешность использованной конечно-разностной аппроксимации, и оказалась порядка 10 %.

Все перечисленные слагаемые оценивались по данным ре-анализа для каждого месяца за период 1959–2011 гг. Далее по временным рядам среднемесячных значений компонентов теплового баланса в каждом узле пространственной сетки рассчитывались среднемноголетняя величина, среднее квадратическое отклонение (СКО) и дисперсия в срединные месяцы каждого из сезонов за весь исследуемый период. После этого определялся вклад дисперсии отдельных составляющих бюджета тепла в суммарную дисперсию правой части уравнения (1).

Результаты. *Межгодовая изменчивость параметров системы океан – атмосфера в Северной Атлантике в зимний и летний сезон.* Межгодовые изменения характеристик ВКС и суммарных потоков тепла на его верхней границе зимой и летом на разрезе вдоль 40° з. д. за период 1959–2011 гг. представлены на рис. 1. Наибольшее СКО, характеризующее межгодовые вариации температуры ВКС, в январе отмечается на 48° с. ш. и равно 1,2 °С, а в июле – в окрестности 60° с. ш. и составляет 1,5 °С. При этом максимальная разница между температурой ВКС в январе и июле отмечается на 36° с. ш. и составляет 6 °С (рис. 1а).

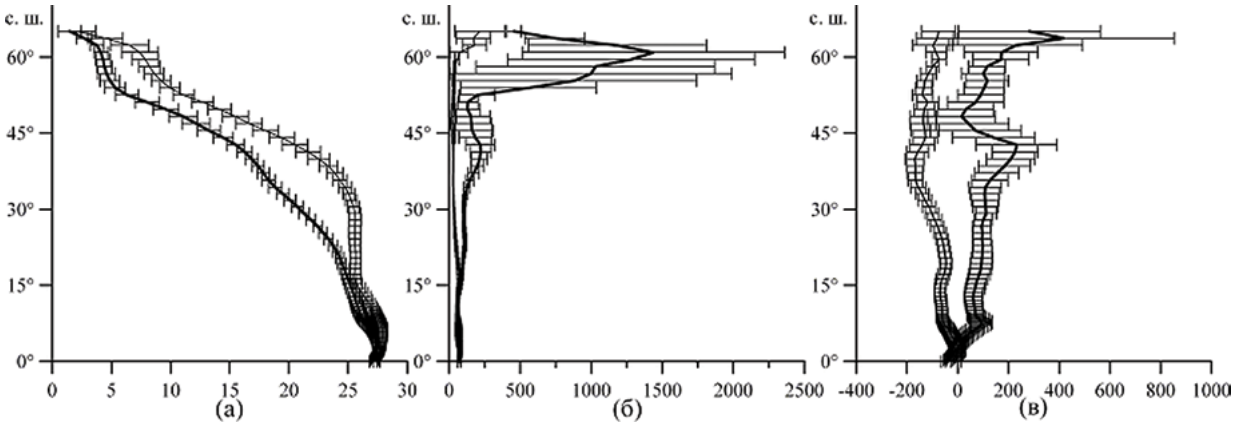


Рис. 1. Температура ВКС, °С (а), толщина ВКС, м (б) и суммарные потоки тепла, Вт/м^2 (в) на 40° з. д. в январе (жирная линия) и июле (тонкая линия) в Северной Атлантике, осредненные за период 1959–2011 гг. Горизонтальные тонкие линии отражают величину ±1 СКО, характеризующего межгодовые колебания в эти месяцы

Толщина ВКС характеризуется максимальным уровнем межгодовой изменчивости зимой (рис. 1б). Величины СКО толщины ВКС в январе превышают 900 м севернее 50° с. ш. в области максимального проникновения осенне-зимней конвекции, там, где средняя толщина ВКС достигает 1500 м. Суммарные потоки тепла на границе раздела океан – атмосфера зимой также, естественно, варьируют больше, чем летом. Причем максимальные СКО отмечаются в районах, где океан интенсивно отдает тепло атмосфере. Максимум январских потоков тепла отмечается в окрестности 63° с. ш. (435 Вт/м^2) и типичные межгодовые флуктуации здесь такого же порядка (рис. 1в). Вместе с тем величина тепловых потоков в июле на 40° з. д. максимальна (по абсолютной величине) в окрестности 40° с. ш. и составляет –170 Вт/м^2. В то же время величина СКО, характеризующая межгодовые флуктуации в этом месяце, здесь не превышает 40 Вт/м^2.

Таким образом, характер межгодовых флуктуаций указанных климатических параметров в холодный и теплый период года соответствует сложившимся представлениям. Причем в отдельных областях Северной Атлантики величины СКО, обусловленные межгодовыми изменениями, соизмеримы со средними величинами рассмотренных характеристик.

Анализ вкладов дисперсии межгодовых вариаций компонентов замкнутого бюджета тепла в суммарную дисперсию правой части уравнения (1) для каждого сезона. В зимний сезон в тропических и субтропических широтах межгодовые флуктуации вертикальной адвекции тепла сбалансированы изменчивостью горизонтального перемешивания и суммарных потоков тепла на поверхности океана. В окрестности интенсивных струйных течений межгодовые изменения горизонтальной адвекции тепла сбалансированы изменчивостью горизонтального перемешивания. В море Лабрадор межгодовые колебания температуры ВКС формируются за счет изменчивости потока тепла из-за турбулентного вовлечения на нижней границе ВКС и горизонтального перемешивания.

Весной в тропических широтах межгодовые флуктуации вертикальной адвекции тепла сбалансированы изменчивостью горизонтального перемешивания. В окрестности Межпассатного противотечения на этих масштабах важны также потоки тепла на нижней границе ВКС. В субтропических широтах межгодовая изменчивость температуры ВКС определяется изменчивостью вертикальной адвекции тепла, поверхностных потоков тепла и горизонтального перемешивания. Межгодовая изменчивость температуры ВКС в окрестности интенсивных струйных течений и во внутренней части субполярного круговорота формируется изменчивостью горизонтальной адвекции тепла и горизонтального перемешивания.

В летний сезон в тропических широтах важны межгодовые колебания вертикальной адвекции тепла и горизонтального перемешивания. В субтропических и субполярных широтах межгодовая изменчивость температуры ВКС формируется изменчивостью вертикальной адвекции тепла, поверхностных потоков тепла и горизонтального перемешивания. Межгодовые вариации горизонтальной адвекции тепла и потоков тепла из-за вовлечения на нижней границе ВКС не оказывают значимого влияния на изменчивость содержания тепла ВКС в Северной Атлантике в этот сезон.

Осенью на значительной части акватории Северной Атлантики межгодовые колебания вертикальной адвекции тепла сбалансированы изменчивостью поверхностных потоков тепла и горизонтального перемешивания. В субполярной зоне межгодовая изменчивость температуры ВКС формируется за счет изменчивости вертикальной адвекции тепла, потоков тепла из-за вовлечения на нижней границе ВКС и горизонтального перемешивания. В окрестности интенсивных струйных течений межгодовые флуктуации горизонтальной и вертикальной адвекции тепла скомпенсированы изменчивостью суммарных тепловых потоков на поверхности океана и горизонтального перемешивания.

Заключение. Изменчивость гидрофизических характеристик системы океан – атмосфера и компонентов бюджета тепла верхнего слоя океана на межгодовых масштабах в Северной Атлантике в значительной степени зависит от сезона. Вклад межгодовой изменчивости каждой из составляющих баланса тепла в изменение температуры ВКС также подвержен сезонным вариациям. При этом на значительной части анализируемой акватории межгодовая

изменчивость адвекции тепла и горизонтального перемешивания формирует изменения температуры ВКС.

Настоящая работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (*грант № 15-05-02019*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бирман Б.А., Позднякова Т.Г. *Климатические характеристики теплообмена в зонах активного взаимодействия океана и атмосферы*. М.: Гидрометцентр СССР, 1985. 82 с.

Полонский А.Б. *Горизонтально-неоднородный деятельный слой океана и его моделирование.* Севастополь – Обнинск: МГИ АН УССР – ВНИИГМИ-МЦД, 1989. 234 с.

Шулейкин В.В. Проект плана Большой Атлантической экспедиции // *Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз*. 1937. № 1. С. 19–26.

Balmaseda M.A., Vidard A., Anderson D.L.T. The ECMWF Ocean Analysis System: ORA-S3. *Mon. Wea. Rev.* 2008. Vol. 136. № 8. P. 3018–3034.

Bjerknes J. Atlantic air-sea interaction. *Advances in geophysics*. 1964. Vol. 10. № 1. P. 1–82.

Davis R.E., DeSzoeke R., et al. Variability in the upper ocean during MILE. Part I: The heat and momentum balances. *Deep Sea Res.* 1981. Vol. 28. № 12. P. 1427–1451.

Frankignoul C., Reynolds R.W. Testing a dynamical model for midlatitude sea surface temperature anomalies. *J. Phys. Oceanogr.* 1983. Vol. 13. № 7. P. 1131–1145.

Kraus E.B., Turner J.S. A one-dimensional model of the seasonal thermocline. Part II: The general theory and its consequences. *Tellus.* 1967. Vol. 19. № 1. P. 98–106.

ЗООБЕНТОС БАКАЛЬСКОЙ КОСЫ (Каркинитский залив, Чёрное море)

А.С. Терентьев

Южный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Керчь, Россия
iskander65@bk.ru

Бакальская коса расположена в северной части Крымского полуострова между одноименным озером и бухтой и выдается в Каркинитский залив Черного моря. Сложена из песчаного грунта. На ее территории в 2000 г. был создан ландшафтный парк. Возле косы располагается разрабатываемый участок месторождения песка.

В ноябре 2015 г. на ее акватории был обнаружен 31 вид донных животных. В видовом богатстве преобладали полихеты и ракообразные (рис. 1).

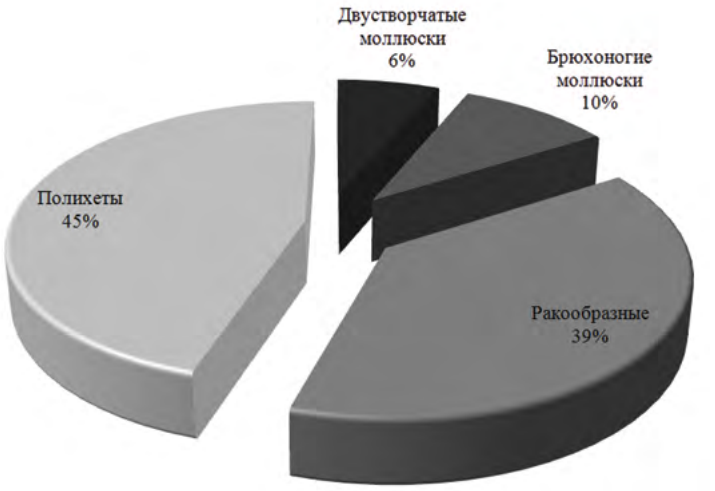


Рис. 1. Таксономическая структура зообентоса Бакальской косы в ноябре 2015 г.

Полихеты были представлены 14 видами: *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Eulalia viridis* (Linnaeus, 1767), *Eunereis longissima* (Johnston, 1840), *Glycera alba* (O.F. Müller, 1776), *Glycera tridactyla* Schmarda, 1861, *Harmothoe reticulata* (Claparède, 1870), *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Lagis koreni* Malmgren, 1866, *Microspio mecznikowianus* (Claparède, 1869), *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Nephtys cirrosa longicornis* Jakubova, 1930, *Phyllodoce maculata* (Linnaeus, 1767), *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards, 1834) и *Spio filicornis*(Müller, 1776). Ракообразных обнаружено 12 видов: *Ampelisca diadema* (Costa, 1853), *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854), *Ampithoe ramondi* Audouin, 1826, *Apseudopsis ostroumovi* Bacescu & Carausu, 1947, *Corophium volutator* (Pallas, 1766), *Diogenes pugilator* (Roux, 1829), *Melita palmata* (Montagu, 1804), *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853, *Microdeutopus versiculatus* (Bate, 1856), Mysidae sp., *Pontogammarus maeoticus* (Sovinskij, 1894) и *Stenosoma capito* (Rathke, 1837). Двустворчатых моллюсков представляли *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) и *Pitar rudis* (Poli, 1795), а брюхоногих моллюсков: *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), *Rissoa euxinica* Milaschevich, 1909 и *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758). В обрастании морских трав присутствовали мшанки.

Чаще всего встречались: *Al. succinea*, *Am. improvisus*, *Ch. gallina*, *D. pugilator*, *E. longissima*, *G. tridactyla*, *M. mecznikowianus*, Mysidae g. sp., *N. hombergii*, *Ph. maculata*, *S. filicornis* и *S. capito* (табл. 1).

Таблица 1. Видовое богатство численность, биомасса и встречаемость зообентоса Бакальской косы в ноябре 2015 г.

Вид	Численность, экз./м^2	Биомасса, г/м^2	Встречаемость, %
Alitta succinea	10,0±6,5	0,035±0,023	25
Ampelisca diadema	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Amphibalanus improvisus	5,0±1,9	0,050±0,019	12
Ampithoe ramondi	15,0±5,7	0,010±0,004	12
Apseudopsis ostroumovi	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Bittium reticulatum	45,0±19,0	0,750±0,350	50
Chamelea gallina	320,0±170,0	194,000±78,000	75
Corophium volutator	5,0±1,9	0,010±0,004	12
Diogenes pugilator	15,0±7,3	0,430±0,240	38
Eulalia viridis	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Eunereis longissima	10,0±6,5	0,030±0,021	25
Glicera alba	5,0±1,9	0,045±0,017	12
Glicera tridactyla	15,0±11,0	0,200±0,150	25
Harmothoe reticulata	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Heteromastus filiforrmis	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Lagis koreni	5,0±1,9	0,090±0,034	12
Melita palmata	10,0±3,8	0,005±0,002	12
Microdeutopus gryllotalpa	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Microdeutopus versiculatus	5,0±1,9	0,005±0,002	12
Microspio mecznikowianus	20,0±11,0	0,015±0,007	38
Mysidae sp.	10,0±6,5	0,030±0,021	25
Nephthys cirrosa longicornis	5,0±1,9	0,010±0,004	12
Nephthys hombergii	25,0±7,3	0,125±0,040	62
Phyllodoce maculata	10,0±6,5	0,015±0,010	25
Pitar rudis	5,0±1,9	1,260±0,480	12
Platynereis dumerilii	5,0±1,9	0,005±0,001	12
Pontogammarus maeoticus	5,0±1,9	0,005±0,001	12
Rissoa euxinica	5,0±1,9	0,075±0,028	12
Spio filicornis	35,0±16,0	0,035±0,014	50
Stenosoma capito	10,0±6,5	0,240±0,170	25
Tritia reticulata	5,0±1,9	11,800±4,+500	12
Сумма	640,0±180,0	210,000±75,000	

В сообществе доминировала *Ch. gallina*. В среднем на ее долю приходилась половина всей численности и 93 % биомассы зообентоса. На втором месте по численности стоял брюхоногий моллюск *B. reticulatum*. На его долю приходилось 7 % общей численности зообентоса. Относительно высокая численность наблюдалась также у полихет: *M. mecznikowianus*, *N. hombergii* и *Sp. filicornis*. Из недоминантных видов наиболее высокой биомассой отличалась *Tr. reticulata*. Однако этот брюхоногий моллюск встречался нечасто. Его высокая биомасса в сообществе определяется не высокой численностью, а его размерами и массой. В общем же на долю массовых видов приходилось 39 % видового богатства, 83 % численности и 94 % биомассы зообентоса. В сообществе доминировали двустворчатые моллюски (табл. 2).

Таблица 2. Роль отдельных таксонов в общей численности биомассе зообентоса Бакальской косы в ноябре 2015 г.

Таксономическая группа	Численность		Биомасса	
	экз./м^2	%	г/м^2	%
Полихеты	160±26	25	0,62±0,16	0,3
Ракообразные	95±15	15	0,80±0,30	0,4
Брюхоногие моллюски	55±19	9	12,60±4,50	6,0
Двустворчатые моллюски	325±170	51	196,00±78,00	93,3

На втором месте по численности стояли полихеты. Достаточно высокая численность наблюдалась у ракообразных. Наиболее низкой численностью отличались брюхоногие моллюски. Относительно высокая биомасса брюхоногих моллюсков обеспечивалась в основном за счет биомассы *Tr. reticulata*, на долю которой приходилось 93 % всей биомассы брюхоногих моллюсков.

Плотность видов изменялась от 2 до 11 вид/м^2 и в среднем равнялась (7,0 ± 1,4) вид/м^2. Наиболее высокая плотность видов наблюдалась в северной и северо-западной части акватории, наименьшая – в юго-западной и юго-восточной частях. Численность зообентоса колебалась от 120 до 1720 экз./м^2, в среднем равняясь (640 ± 180) экз./м^2. Наиболее высокая численность зообентоса наблюдается в северной части акватории, наименьшая – в юго-западной и юго-восточной части. Биомасса зообентоса находилась в пределах от 1,52 до 563,52 г/м^2, в среднем равняясь (210 ± 75) г/м^2. Наиболее высокая биомасса зообентоса отмечается в северо-восточной и южной части акватории, а наиболее низкая – в центральной и юго-западной части. В целом отмечается тенденция снижения плотности видов, численности и биомассы зообентоса на юго-западных и юго-восточных участках косы.

Классификация трофической структуры проводилась по Е.П. Турпаевой [1953] и А.П. Кузнецову [1970]. В видовом богатстве преобладали детритофаги, представленные видами, собирающими детрит с поверхности грунта, безвыборочными глотальщиками верхнего слоя грунта и безвыборочными глотальщиками в толще грунта (табл. 3).

Также довольно высоким видовым богатством отличались хищные виды. На долю сестонофагов приходилась десятая часть всего видового богатства зообентоса. Но в то же время на их долю приходилось около половины всей численности зообентоса и большая часть его биомассы. На долю остальных трофических групп в общей биомассе зообентоса приходилось около 7 %. Высокой численностью отличались также собиратели детрита с поверхности грунта и хищники, меньшей – фитофаги и полифаги. Безвыборочные глотальщики грунта не играли большой роли ни в численности, ни в биомассе зообентоса. Относительно высокая биомасса наблюдалась у хищных видов.

Таблица 3. Трофическая структура зообентоса Бакальской косы в ноябре 2015 г.

Трофическая группировка	Видовое богатство	Численность, экз./м^2	Биомасса, г/м^2
Сестонофаги	3	330,0±170,0	196,000±78,000
Собиратели детрита с поверхностного слоя грунта	11	100,0±19,0	0,420±0,170
Безвыборочные глотальщики верхнего слоя грунта	1	5,0±1,9	0,090±0,034
Безвыборочные глотальщики в толще грунта	1	5,0±1,9	0,005±0,002
Фитофаги	2	60,0±20,0	0,760±0,350
Хищники	9	95,0±18,0	12,200±4,500
Полифаги	4	40,0±12,0	0,500±0,240

Численность кормового зообентоса колебалась от 80 до 440 экз./м^2, в среднем равняясь (295±57) экз./м^2. Его биомасса находилась в пределах от 0,040 до 22,200 г/м^2, в среднем равняясь (6,5±2,8) г/м^2. В целом на долю кормового зообентоса приходилось 46 % численности и 3 % общей биомассы зообентоса (рис. 2).

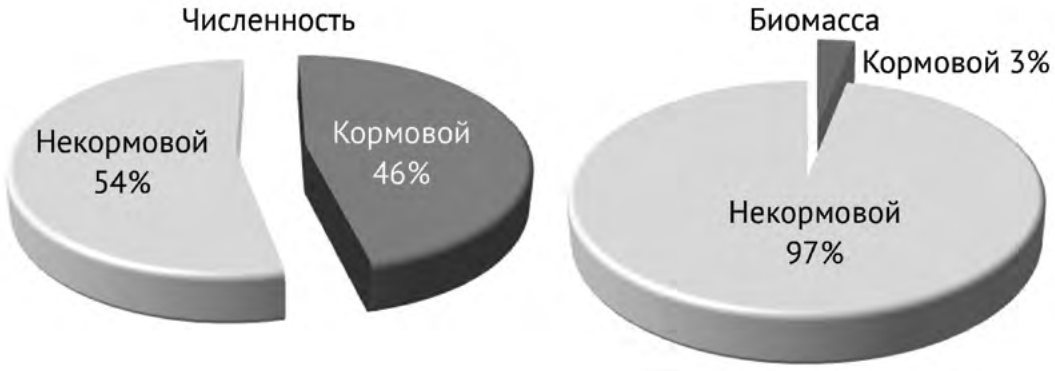


Рис. 2. Доля кормового зообентоса в общей численности и биомассе зообентоса Бакальской косы в ноябре 2015 г.

Доля кормового зообентоса на различных участках акватории по численности колебалась от 26 до 100 %, по биомассе от 0,04 до 100 %. Наибольшая доля биомассы некормового зообентоса приходилась на долю крупных двустворчатых моллюсков, обладающих толстой раковиной и неупотребляемых большинством рыб. Однако эти виды служат кормом для рапаны – *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кузнецов А.П. Закономерности распределения пищевых группировок донных беспозвоночных в Баренцевом море // *Экология и распределение морской донной фауны и флоры. Тр. института океанологии АН СССР.* 1970. Т. 88. С. 5–80.

Кузнецов А.П. О трофической структуре и зональности распределения донной фауны Азовского и Балтийского морей // *Экология и распределение морской донной фауны и флоры. Тр. института океанологии АН СССР.* 1970. Т. 88. С. 81–97.

Турпаева Е.П. Питание и пищевые группировки морских донных беспозвоночных / *Тр. института океанологии АН СССР*. 1953. Т. 7. С. 259–299.

СОЛЕОБМЕН ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ СЪЕМОК ЗА ПЕРИОД 1971–1998 гг.

Т.Ю. Тимошенко[1], И.Н. Фомина[1], А.А. Полозок[1, 2]

[1]Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», г. Севастополь, Россия
[2]Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
tanatimosh@yandex.ua

В настоящей работе рассматриваются обменные процессы между Азовским и Чёрным морями. Согласно классификации Н.Н. Зубова [1956], Керченский пролив относится к двумерным проливам. Западным берегом пролива является Керченский полуостров Крыма, восточным – Таманский полуостров. Ширина пролива меняется от 4,5 до 15 км; корытообразный профиль поперечного сечения изменяет глубину от 0 м у берегов до 8 м в левобережной части. Длина пролива по прямой, соединяющей северную и южную границы, составляет 43 км.

Обменные процессы между Азовским и Чёрным морями включают в себя перенос веществ и энергии через Керченский пролив. Прямой, или азовский, поток направлен из Азовского моря в Чёрное, а обратный, или черноморский, поток направлен из Чёрного моря в Азовское. Разница между ними характеризует результирующий перенос.

Вместе с водой перемещаются из Азовского моря в Чёрное море или наоборот растворенные минеральные вещества, взвеси, загрязняющие вещества и теплота.

Для учета результата воздействия обменных процессов необходимо иметь количественные оценки результатов переноса некоторых веществ, в частности солей.

Для измерения расходов воды и солей в Керченском проливе выбран разрез п. Крым – п. Кавказ (северная узость) (рис. 1). Измерения скорости и солености проводились на 7 вертикалях. Разрез выполнялся не более 2 часов. Выбор северной узости Керченского пролива в качестве объекта исследования связан с наличием большого массива регулярных наблюдений, преобладанием устойчивых и однонаправленных течений на этом разрезе.

Площадь поперечного сечения северной узости определялась по профилю поперечного сечения разреза п. Крым – п. Кавказ, построенного для среднего многолетнего уровня воды (483 см) на ближайшем к проливу МГ Опасное, и составляла 29 400 м^2.

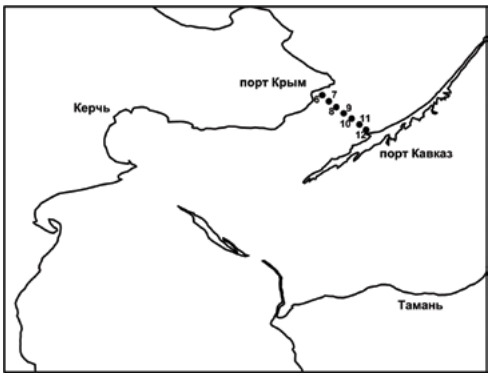


Рис. 1. Схема станций разреза п. Крым – п. Кавказ в Керченском проливе

Поскольку основной характеристикой обменных процессов является водообмен, в первую очередь определялись его параметры. За единицу интенсивности водообмена принят секундный расход воды в м^3/с. Мгновенный расход воды вычисляется как произведение площади поперечного сечения потока на его среднюю скорость. Для исключения кососруйности

течения вектор измеренной скорости течения проектировался на продольную ось пролива, направленную перпендикулярно плоскости поперечного сечения разреза (220°). Расходы воды и солей определялись методом, изложенным в работе [Симов и др., 2013].

Таблица 1. Среднемесячные и среднегодовые расходы воды (Qcp) в Керченском проливе по данным 1971–1998 гг. ($м^3/с$)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. год.
Азовский поток													
Qcp	4709	4240	3617	4569	4142	4200	3791	4958	3697	5029	3703	4787	4287
Скор. потока (V)	0,16	0,15	0,13	0,16	0,14	0,14	0,13	0,17	0,13	0,18	0,13	0,17	0,15
Qmax	8274	8414	6057	7557	9351	8240	8163	13708	8049	8654	6650	7015	
Vmax	0,28	0,29	0,21	0,27	0,30	0,26	0,27	0,48	0,29	0,31	0,23	0,25	
Дата max Q	03/01/72	13/02/84	06/03/89	13/04/72	13/05/82	14/06/84	13/07/84	25/08/76	19/09/73	01/10/71	20/11/72	19/12/73	
Черноморский поток													
Qcp	3984	4419	3626	4461	4035	3852	4108	3387	4026	3866	5528	4223	4126
Скор. потока (V)	0,15	0,16	0,13	0,16	0,14	0,13	0,14	0,12	0,14	0,15	0,21	0,16	0,15
Qmax	6834	8169	7948	6959	6998	6586	8445	7575	8705	7754	9168	6204	
Vmax	0,27	0,31	0,31	0,26	0,25	0,24	0,30	0,28	0,31	0,29	0,38	0,22	
Дата max Q	09/01/73	19/02/73	19/03/74	25/04/72	21/05/74	25/06/74	25/07/73	13/08/75	01/09/72	19/10/81	19/11/75	01/12/77	

Как видно, максимальный расход воды составил 13 708 $м^3/с$ для азовского типа течений и 9168 $м^3/с$ для черноморского типа течений. Максимальная средняя скорость азовского потока достигала 48 см/с, а максимальная средняя скорость черноморского потока 38 см/с.

В табл. 2 представлены величины средних расходов солей по месяцам для азовского и черноморского потоков в Керченском проливе за 1971–1998 гг. Здесь Qs – среднемесячное значение расхода солей, т/с; S – соленость потока; Qs max – максимальный расход солей; S max – максимальная соленость потока.

Таблица 2. Среднемесячные и среднегодовые расходы солей (Qs) в Керченском проливе по данным 1971–1998 гг. (т/с)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. год.
Азовский поток													
Qs	62,1	52,2	47,2	58,1	50,5	53,4	48,8	66,2	49,6	69,0	51,2	62,9	56
S	12,9	12,2	13,0	12,5	12,2	12,6	12,6	13,2	13,2	13,5	13,7	13,1	12,92
Qs max	109,9	106,8	76,0	99,3	105,6	100,4	116,5	187,8	110,1	119,4	100,9	93,3	

Окончание таблицы 2

S мах	13,29	12,7	12,56	13,97	12,84	12,19	15,06	13,71	13,68	15,37	15,19	13,31	
Дата макс. Qs	03/01/72	13/02/84	06/03/89	19/04/78	14/05/73	14/06/84	26/07/76	25/08/76	19/09/73	25/10/73	20/11/72	19/12/73	
Черноморский поток													
Qs	56,2	65,5	52,8	71,5	55,4	57,5	60,1	47,7	61,7	57,8	89,4	62,7	61,5
S	14,0	14,2	14,1	15,3	13,5	14,4	14,5	13,8	14,7	14,8	15,9	14,8	14,53
Qs мах	107,2	117,2	124	119,6	122,2	115,3	141,2	109,8	135,6	104,6	159,4	87,0	
S мах	17,99	16,87	15,59	17,20	17,47	17,57	16,72	14,51	15,58	13,49	17,39	14,03	
Дата макс. Qs	25/01/74	25/02/73	19/03/74	25/04/72	21/05/74	19/06/72	25/07/73	13/08/75	01/09/72	19/10/81	19/11/75	01/12/77	

Соленость вод в районе Керченского пролива формируется под воздействием Чёрного моря (средняя соленость 18 ‰) и Азовского моря (средняя соленость 12,2 ‰). Среднегодовая соленость азовского потока за данный период составила 12,92 ‰, а черноморского – 14,53 ‰.

Средняя соленость азовского потока изменялась в пределах 10,21–16,75 ‰; соленость черноморского потока в пределах 10,80–18,19 ‰.

На рис. 2 изображен сезонный ход солености азовского и черноморского потоков. Февральский минимум азовского потока связан с таяньем льда и снега; понижение солености в мае объясняется весенними паводками. Максимальные значения отмечаются в октябре – ноябре, когда значительно возрастает повторяемость черноморских течений.

При однонаправленном потоке масса солей переносимых через пролив определяется по следующей формуле:

$$M = Wb^{*} S_{ср.} \quad , \qquad (1)$$

где Wb – масса воды, прошедшая через пролив за секунду; $S_{ср.}$ – средняя соленость воды потока.

По ширине пролива соленость изменяется незначительно. Вертикальный градиент солености составляет 0,2 ‰ на метр. Наибольшие значения солености наблюдаются у Кавказского побережья.

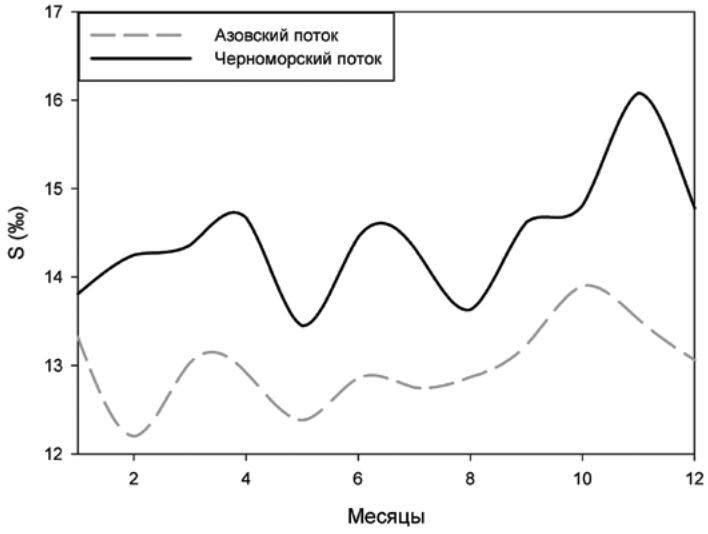


Рис. 2. Сезонный ход солености (S) за 1971–1998 гг. в северной узости Керченского пролива, в ‰

При смене ветра или маловетреных условиях в проливе наблюдаются смешанные течения. Разница в солености разнонаправленных потоков незначительна. Это свидетельствует о том, что при слабых ветрах в водообмене участвует одна и та же водная масса, периодически переносимая из пролива в Азовское море и обратно [Горячкин и др., 2005]. Именно при таких течениях зафиксированы максимальные значения солености воды для азовского и черноморского потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зубов Н.Н. *Основы учения о проливах Мирового океана*. М.: Географгиз, 1956. 239 с.

Симов В.Г., Морозов В.И., и др. Водообмен Таганрогского залива с Азовским морем // *Морской гидрофизический журнал НАН Украины*. Севастополь: Экоси-гидрофизика, 2013. № 4. С. 73–82.

Горячкин Ю.Н., Кондратьев С.И., Лисиченок А.Д. Гидролого-гидрохимические характеристики и динамика вод в Керченском проливе в марте 2004 г. // *Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон*. 2005. Вып. 12. С. 108–119.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ И ФИТОСТЕРИНОВ В БУРЫХ ВОДОРОСЛЯХ *Fucus vesiculosus* МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.В. Ткач, Е.Д. Облучинская

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
tav.mmbi@yandex.ru

Бурые водоросли накапливают большое количество полифенольных соединений, главным образом, флоротаннинов, которые являются продуктами полимеризации флороглюцина (1,3,5-тригидроксибензола) (рис. 1а) [Van Alstyne, 1995]. Полифенолы водорослей обладают антиоксидантной и антибактериальной активностью [Kang et al., 2003], а также обеспечивают устойчивость макрофитов к поеданию гастроподами, такими как *Littorina littorea* [Geiselman, McConell, 1981].

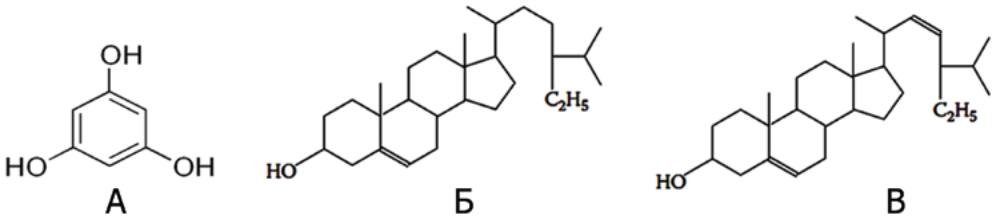


Рис. 1. Флороглюцин (а), β-ситостерин (б), стигмастерин (в)

Общее содержание полифенолов для бурой водоросли *Fucus vesiculosus* Баренцева и Белого морей находится в диапазоне от 15,4 до 18,4 % [Клиндух, Облучинская, 2013]. В спиртовых экстрактах этот показатель составляет 1,75–4,15 % [Клиндух, Облучинская, 2015].

Полифенолы, выделенные из морских водорослей, являются ценным ресурсом для новых растительных лекарственных препаратов, которые ранее создавались на основе высших наземных растений [Спрыгин и др., 2012].

Стерины (стеролы) – органические спирты, относящиеся к группе стероидов, составная часть неомыляемой фракции животных и растительных липидов. К растительным стеринам относятся: тритерпеновые спирты, стероидные сапонины, стероидные гликоалколоиды, фитоэкдистероиды, брассикостероиды [Дадали, Тутельян, 2007]. Наиболее распространенные растительные стерины – ситостерин (рис. 1б) и стигмастерин (рис. 1в).

Фитостерины водорослей изучены пока недостаточно. Так, недавние исследования подтвердили, что стерины водорослей и их производные обладают различной биологической активностью [Bouzidi et al., 2008]. В большинстве исследований отмечается в основном антиоксидантное действие фитостеринов, выявлен противовоспалительный эффект данных соединений. Фитостерины бурых водорослей также проявляют цитотоксическое, противогрибковое действие, оказывают положительное влияние на организм в борьбе с диабетом и остеопорозом. Также есть данные о том, что фитостерины, такие как фукостерин и ситостерин, усиливают секрецию тканевого активатора плазминогена из клеток эндотелия, тем самым влияя на антисвертывающую систему крови [Yoo et al., 2012].

Согласно литературным данным, в различных видах бурых водорослей суммарное количество стеринов находится в диапазоне 1,55–4,53 % [Bouzidi et al., 2008]. По данным А.И. Аразашвили в водорослях может содержаться 0,002–0,18 % стеринов, иногда это значение может достигать 4 % [Аразашвили, 1980]. Содержание фитостеринов водорослей Баренцева моря остается малоизученным.

Цель данного исследования – сравнить содержание фитостеринов и полифенолов в образцах бурой водоросли *F. vesiculosus*, собранных в разных губах Мурманского побережья Баренцева моря.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили водоросли *Fucus vesiculosus* в возрасте 4+…7+, собранные в апреле 2014 г.в приливно-отливных зонах разных районов Мурманского побережья Баренцева моря: кут губы Печенга, губе Лодейная, бухте Оскара (рис. 2). Места сбора отличаются по географическому расположению (Западный Мурман, Восточный Мурман), степени антропогенного загрязнения [Облучинская и др., 2013], абиотическим факторам [Кольский залив … 2009].

Для изучения было собрано по одной пробе из каждого района, сформированных не менее чем из 7–10 растений. Полученные образцы были заморожены и хранились при температуре –30 °С.



Рис. 2. Районы сбора материала

Полифенолы и стерины извлекали из замороженных образцов бурой водоросли методом перколяции 50 %-ным этанолом. Содержание общих полифенолов определяли по модифицированной методике с реактивом Фолина – Чокальтеу [Bärlocher, Graça, 2005] в пересчете на флороглюцин (Merck, кат. № 203-611-2). Для количественного определения суммы фитостеринов использовали реакцию с 72 %-ной H_2SO_4 и 8 %-ным раствором ванилина [Минина, Легостаева, 1989]. Содержание суммы стеринов определяли в пересчете на стигмастерин (Fluka, кат. № 85860). Подобраны условия проведения реакции и концентрации реагентов для исследуемых водорослей. Измерения проводили методом спектрофотометрии. Абсолютно сухую массу образцов определяли согласно общепринятой методике [ГОСТ 26185-84, 2004]. Определение содержания полифенолов и фитостеринов проводили в трехкратной повторности. Все полученные данные были обработаны в программе Microsoft Excel с использованием математических и статистических формул [Ивантер, Коросов, 2003].

Результаты и обсуждение. В результате проведенного исследования были получены данные, представленные на диаграммах (рис. 3).

Наибольшее количество полифенолов – 3,7 % от абсолютно сухой массы – содержится в образцах, собранных в бухте Оскара. В этих же образцах зафиксировано наибольшее по сравнению с остальными исследуемыми пробами водорослей количество фитостеринов – 0,048 %. Эти показатели выше таковых значений у водорослей из губы Лодейная в 1,5 раза (полифенолы – 2,4 %, фитостерины – 0,031 %), из губы Печенга в 2 раза (полифенолы – 1,7 %, фитостерины – 0,20 %).

Выявленные в ходе работы показатели соотносятся с данными других авторов, изучавших бурые водоросли. Однако в связи с малой изученностью содержания фитостеринов и полифенолов в бурых водорослях *Fucus vesiculosus* Баренцева моря существует необходимость в дальнейших исследованиях, чтобы установить комплекс абиотических и биотических условий и возможные закономерности накопления данных веществ.

Выводы. В результате изучения и сравнения содержания фитостеринов и полифенолов в бурых водорослях *F. vesiculosus* Мурманского побережья Баренцева моря было установлено,

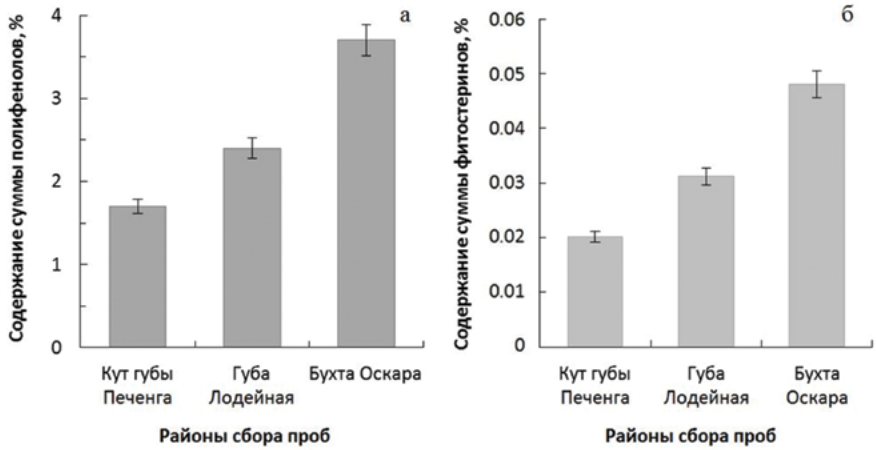


Рис. 3. Содержание суммы полифенолов в пересчете на флороглюцин (а) и фитостеринов в пересчете на стигмастерол (б), в % от абсолютно сухой массы

что количество фитостеринов варьирует в диапазоне 0,0009–0,0012 % абсолютно сухой массы, содержание полифенолов – 1,7–3,7 % абсолютно сухой массы. Наибольшее содержание полифенолов и фитостеринов обнаружено у водорослей бухты Оскара, наименьшее – губы Печенга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аразашвили А.И. *Биологически активные вещества и другие природные соединения морских водорослей.* Тбилиси: Ин-т фармакохимии, 1980. 335 с.

ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. Введен 01.01.85. М.: Изд-во стандартов, 2004. 34 с.

Дадали В.А., Тутельян В.А. Фитостерины – биологическая активность и перспективы практического применения // *Успехи современной биологии.* 2007. Т. 127. С. 258–740.

Ивантер Э.В., Коросов А.В. *Введение в количественную биологию*: учеб. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* // *Вестник МГТУ*. 2013. № 3. Т. 16. С. 466–471.

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Химический состав и антиоксидантная активность настоек фукусовых водорослей // *Фармация.* 2015. № 3. С. 8–11.

Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / отв. ред. Г.Г. Матишов; Мурм. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. М.: Наука, 2009. 381 с.

Минина С.А., Легостаева А.Б. Способ количественного определения действующих веществ в сырье и лекарственных формах женьшеня // *Бюлл. изобр.* 1989. № 18. А.С. 1480568 (СССР).

Облучинская Е.Д., Алешина Е.Г., Матишов Д.Г. Сравнительная оценка загрязнения металлами губ и заливов Мурмана по индексу MPI (Metal pollution index) // *ДАН*. 2013. № 5. Т. 448. С. 588–591.

Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., и др. Морские водоросли – перспективный источник полифенольных антиоксидантов и комплексов эссенциальных фосфолипидов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012. Т. 14. № 1(9). С. 2299–2302.

Bärlocher F., Graça M.A.S. Total phenolics. In: *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide* / M.A.S. Graça, F. Bärlocher, M.O. Gessner (Eds.). Dordrecht: Springer, 2005. P. 185–189.

Bouzidi N., Daghbouche Y., et al. Determination of total sterols in brown algae by Fourier transform infrared spectroscopy analytica. *Chimica acta.* 2008. Vol. 616. P. 185–189.

Geiselman J.A., McConell O.J. Polyphenols in Brown Algae *Fucus vesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*: Chemical Defenses against the Marine Herbivorous Snail, *Littorina littorea*. *J. Chem. Ecol.* 1981. Vol. 7. № 6. P. 1115–1133.

Kang K., Park Y., et al. Antioxidative properties of brown algae polyphenolics and their perspectives as chemopreventive agents. *Arch. Pharm. Res.* 2003. Vol. 26. № 4. P. 286–293.

Van Alstyne K.L. Comparison of three methods for quantifying brown algal polyphenolic compounds. *J. Chem. Ecol.* 1995. Vol. 21. P. 45–58.

Yoo M.-S., Shin J.-S., et al. Fucosterol isolated from *Undaria pinnatifida* inhibits lipopolysaccharide-induced production of nitric oxide and pro-inflammatory cytokines via the inactivation of nuclear factor-jB and p38 mitogen-activated protein kinase in RAW264.7 macrophages. *Food Chemistry.* 2012. Vol. 135. P. 967–975.

УСЛОВИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ УВЕЛИЧЕНИЮ СЕЗОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ (ПРЕДПРОЛИВНОЙ) ЗОНЫ ЧЁРНОГО МОРЯ

Ю.Ю. Ткаченко[1], В.И. Денисов[2]

[1]Территориальный центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, г. Краснодар, Россия
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
yuyut23@mail.ru; denisovgeo@yandex.ru

Северо-восточная часть прибрежной зоны Чёрного моря, особенно предпроливный район, в последнее время интенсивно осваивается – идет строительство и развитие портовых комплексов, расширяется курортная база.

Такое бурное освоение прибрежной зоны Чёрного моря неминуемо приводит к увеличению объемов сбрасываемых в море промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, содержащих несмотря на различные способы очистки большое количество органики и минеральных форм азота, фосфора и углерода. Дополнительным фактором, обеспечивающим поступление в прибрежную зону моря пестицидов и удобрений, медьсодержащих препаратов в результате смыва их с прибрежных полей, является интенсивное развитие виноградарства на Таманском полуострове. Общая площадь виноградников из года в год увеличивается и в настоящий момент составляет более 19 500 га. При этом только за последние 4 года объемы продукции виноградарства выросли почти в 2 раза.

Увеличилось содержание биогенных веществ и азовских водах, поступающих из Керченского пролива, под влиянием которых происходит формирование гидрохимических полей на севере восточной зоны Чёрного моря. В районе Тамань – Анапа в результате затока азовских вод в верхнем 5-метровом слое содержание валового фосфора достигает до 2,0 мкг-атР/л, валового азота до 47,0 мкг-ат/л. Это связано и с тем, что за последние 30 лет концентрации биогенных элементов (в первую очередь азота и фосфора) в речном стоке увеличились в 4–5 раз [Ткаченко, 2009].

Развитие в последнее десятилетие на шельфе нефтегазодобычи, интенсификация судоходства в предпроливной зоне приводит к поступлению нефтяных продуктов в прибрежную зону моря. Отрицательное влияние нефти и ее соединений проявляется в гибели гидробионтов, при длительном воздействии – в исчезновении естественных поселений моллюсков, водорослей.

В результате в настоящее время в прибрежной зоне восточной части Чёрного моря фоновые значения нефтяных углеводородов (НУ) составляют 0,03–0,1 мг/л (в районе Анапы – 0,03 мг/л) [Ткаченко, Денисов, 2012]. Индикатором интенсивности загрязнения моря сточными водами можно считать синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), которые входят в состав многочисленных и разнообразных моющих средств, широко применяются в промышленности, быту.

В распределении СПАВ отчетливо прослеживается влияние прибрежной зоны конвергенции – за пределами 3–5-мильной зоны концентрации СПАВ составляют практически нулевые значения.

Летом концентрации СПАВ в поверхностном слое возрастают. Очаги повышенных значений в основном связаны с крупными городами на побережье. В районе Анапы значения СПАВ изменяются от 1,7 до 10 мкг/л [Ткаченко, Денисов, 2012].

Показателем антропогенного влияния деятельности сельского хозяйства на моря являются хлорорганические пестициды (ХОП), составляющие большую группу искусственно созданных веществ, применяемых в промышленности и сельскохозяйственном производстве. Все пестициды токсичны и вызывают быстрое отравление организмов. ХОП отличаются высокой

устойчивостью, благодаря чему широко распространены в море. Плавное поступление данной группы загрязняющих веществ (ЗВ) в море и слабая степень их трансформации в течение длительного времени обуславливают особенность их равномерного распределения [Ткаченко, 2009].

Постоянный антропогенный пресс, который море испытывает на протяжении уже более 50 лет, не может пройти бесследно. Проведенные исследования показали, что прозрачность вод Чёрного моря за последние 50 лет уменьшилась в 2 раза. Это результат длительного загрязнения, и это тревожный показатель.

Как следствие ухудшения качества морской среды сокращаются воспроизводственные возможности прибрежной части моря. Частично последствия загрязнения нивелируются благодаря механизмам самоочищения моря, из которых наиболее эффективными являются сгонно-нагонные явления. Причиной, вызывающей сгон поверхностной воды в открытое море, является северо-восточный ветер со скоростью 15 м/с и более. При установившемся северо-восточном ветре со скоростью 11–15 м/с и более течения на поверхности моря устанавливаются уже через 2–3 часа после начала действия ветра.

Чаще всего продолжительность действия северо-восточного ветра составляет от 1 до 3 дней (76 %). В 22 % случаев отмечена длительность от 4 до 8 дней и совсем незначительное число (2 %) приходится на ветер с продолжительностью 10 дней и более. Наиболее часто скорость ветра составляет 11–15 м/с (61 %), скорость дрейфового течения 25–27 см/с. В 20% случаев наблюдается ветер 6–20 м/с, течение 34–36 см/с, и в 19 % случаев наблюдается ветер более 21 м/с (более 40 м/с в районе Новороссийска), скорости дрейфовых течений составляют более 45–56 см/с.

При скоростях ветра 20–25 м/с скорости поверхностного течения составляют 0,4–0,5 м/с. Горизонты, с которых происходит подъем вод, равны 50–55 м.

С выходом глубинных вод на поверхность происходит перестройка полей гидрологических характеристик в поверхностном слое. Особенно ярко это прослеживается в летнее время. С подъемом холодных вод происходит разрушение термоклина, возникновение горизонтальных градиентов температуры, солености, плотности [Сапожников и др., 2007].

Но наиболее эффективно эти процессы работают в осенне-зимний период. При повторяемости сгонов в среднем 21 раз в год наибольшее количество (18) приходится на холодный сезон и всего три на теплый (с апреля по август). При этом летом антропогенное воздействие на море, особенно на его прибрежную часть, возрастает многократно, и механизмы самоочищения не в состоянии компенсировать полностью возрастающее загрязнение.

Признаки эвтрофирования морской воды наиболее сильно проявляются в районах моря с высокой антропогенной нагрузкой. Примером могут служить Анапская, Новороссийская, Геленджикская бухты.

Визуально это проявляется следующим образом: происходит бурное развитие быстрорастущих нитчатых водорослей, к середине лета цветение фитопланктона на мелководье заканчивается гниением отмирающей массы водорослей [Ткаченко, 2009].

Если на открытом побережье моря в результате высокой динамики вод процесс отмирания водорослей не вызывает серьезных проблем, так как большой частью они сносятся течением и волнением, то в условиях Анапской бухты, где динамика вод значительно отличается от открытой части моря, «признаки эвтрофирования» остаются на берегу. Береговая линия создает ограничение для движения воды. Как следствие – слабая промываемость бухты. Кроме этого, в условиях мелководья происходит интенсивный прогрев всей толщи воды в теплый период года, что при интенсивном поступлении органики вместе с речным стоком и ливневкой приводит к бурному развитию водорослей.

Основным фактором, способствующим увеличению сезонного загрязнения северо-восточной (предпроливной) зоны Чёрного моря, является сезонный термоклин (пикноклин). Именно он ограничивает процессы вертикального перемешивания и способствует накоплению загрязняющих веществ в поверхностном слое в летнее время.

Формирование его происходит тогда, когда высокие температуры воздуха (в период июля – августа температура воздуха в приземном слое превышает, как правило, в последние годы 35 °С), способствуют прогреву поверхностных вод до 27–28,5 °С и формированию слоя скачка с градиентом температуры до – до 5 град/м.

Анализируя изменчивость мощности верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) моря в летний период, можно выделить плавное ее увеличение за последние 10 лет (в последние годы максимальные значения верхнего однородного слоя достигают 30–35 м). Как следствие, происходит заглубление термоклина, что приводит к возрастанию вертикальных градиентов температуры в слое скачка.

В первую очередь это, конечно, связано с положительной тенденцией в изменениях температуры воздуха в приземном слое, которая способствует увеличению поступления тепла из атмосферы в море и увеличению теплоемкости ВКС моря.

Высокие температуры воды и отсутствие перемешивания являются идеальными условиями для накопления ЗВ в поверхностном слое.

Дополнительным фактором, обеспечивающим усиление блокирующего действия сезонного пикноклина на процессы вертикального перемешивания в верхнем 50-метровом слое моря, является распреснение поверхностных вод. Анализ многолетних изменений солености в районе предпроливье – Анапа показывает наличие отрицательных тенденций на фоне положительного тренда в среднегодовом суммарном стоке кавказских рек и влияние на формирование поля солености в этом районе азовских вод, которые имея меньшую соленость также оказывают распресняющее действие на воды в районе Анапа – Тамань.

Таким образом, во вторую половину лета в предпроливной зоне Черного моря складываются неблагоприятные гидролого-гидрохимические условия, которые способствуют накоплению ЗВ в прибрежной зоне.

В долгосрочной перспективе, как показывают проведенные исследования, роль сезонного термоклина (пикноклина) как фактора, блокирующего процессы вертикального перемешивания в прибрежной зоне, будет возрастать, и связано это будет с изменениями среднегодовой температуры и солености на восточном побережье Чёрного моря, тем самым будут сохраняться все условия для увеличения сезонного загрязнения северо-восточной (предпроливной) зоны Чёрного моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ткаченко Ю.Ю. Гидрологические и гидрохимические факторы, способствующие эвтрофированию Анапской бухты // *Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. 16–20 ноября 2009 г. М., 2009.

Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Современное состояние загрязнения прибрежных вод восточной части Чёрного моря // *Морские берега – эволюция, экология, экономика: мат-лы XXIV Междунар. береговой конф., посвящ. 60-летию со дня основания Рабочей группы «Морские берега»*. Туапсе, 1–6 октября 2012 г. Т. 2. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012.

Сапожников В.В., Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Механизм образования и развития апвеллинга в северо-восточной части Чёрного моря (район Анапа – Новороссийск) // *Географические исследования Краснодарского края*: сб. науч. тр. Вып. 2. Краснодар: КубГУ, 2007. С. 136–147.

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АЗОВСКОГО МОРЯ (1966–2015 гг.)

И.С. Усягина[1], Г.Г. Матишов[1], Н.Е. Касаткина[1], В.В. Польшин[2]

[1]Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
usjagina@mmbi.info, polshin@ssc-ras.ru

Азовское море и его водосборный бассейн не имеют непосредственных источников радиоактивного загрязнения, однако со второй половины XX века по настоящее время в водоеме наблюдаются высокие уровни удельной активности техногенных радионуклидов в воде, донных отложениях и биоте. Основными причинами накопления радиоактивности в акватории были атмосферные испытания ядерного оружия СССР в 1950-е – 1960-е гг. и авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

Согласно архивным материалам, в 1966–1973 гг. в отдельных районах Азовского моря объемная активность ^{137}Cs в воде достигала 192 Бк/м^3, что в несколько раз превышало соответствующую величину для других морей бывшего Советского Союза. Максимальный уровень загрязнения в Азовском море наблюдался в 1966 г. (112 Бк/м^3), к 1968 г. он сократился примерно в 5 раз. Рост активности ^{137}Cs в воде Азовского моря в зимне-весенний период 1969 г. объяснялся аномальными метеорологическими условиями на юге европейской части России, когда сильные продолжительные пыльные бури привели к выносу радионуклидов с поверхности почвы [Алексаньян, 1979]. Информация о содержании ^{137}Cs в Азовском море в период 1974–1984 гг. в литературе отсутствует. Можно предполагать, что в связи с прекращением испытаний ядерного оружия и уменьшением атмосферных выпадений радионуклидов загрязнение водных масс Азовского моря снижалось. К концу 1985 г. концентрация ^{137}Cs составляла около 2,2 Бк/м^3 [Радиоактивное загрязнение … 1987]. В апреле – мае 1986 г. после аварии на чернобыльской АЭС в результате атмосферных выпадений и вымывания техногенных изотопов с площади водосбора содержание искусственных радионуклидов в Азовском море резко возросло (22,2–148,1 Бк/м^3). В 1987 г. загрязнение воды ^{137}Cs оставалось высоким, в Таганрогском заливе наблюдалась наибольшая активность – 259,0 Бк/м^3, а в районе Арабатской стрелки – наименьшая (7,4 Бк/м^3). В период 1988–1992 гг. происходило постепенное снижение содержания ^{137}Cs в воде Азовского моря, средние объемные активности в этот период упали с 53,7 до 11,7 Бк/м^3. Прерванный в 1993 г. ряд наблюдений за радиоактивным загрязнением Азовского моря был продолжен в 1997 г. исследованиями Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН, создавшего в г. Ростов-на-Дону свой филиал. Измеренная объемная активность ^{137}Cs в водных массах Азовского моря в 1999–2000 гг. в среднем составляла 2,5 Бк/м^3 [Матишов и др., 2003а]. В 2001–2004 гг. среднегодовое содержание ^{137}Cs в водных массах варьировало в диапазоне 8,2–13,8 Бк/м^3 [Матишов и др., 2004]. Высокие уровни радионуклида наблюдались в Керченском проливе, что связано с поступлением обогащенных ^{137}Cs вод из Черного моря. В центральной части Азовского моря в воде содержалось около 10 Бк/м^3 ^{137}Cs. В Таганрогском заливе, воды которого опреснены стоком р. Дон, объемная активность ^{137}Cs не превышала 5 Бк/м^3. В дельте р. Дон регистрировались низкие значения ^{137}Cs – до 2 Бк/м^3 [Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., 2001]. Данные 2014–2015 гг. свидетельствуют о снижении концентрации ^{137}Cs, осредненной для всего Азовского моря, до 2 Бк/м^3 (рис. 1).

В донных отложениях Азовского моря наблюдается более высокое содержание техногенных изотопов, чем в других морях, расположенных на европейской территории России [Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., 2001]. *Многолетняя динамика удельной активности ^{137}Cs* в донных отложениях Азовского моря в период с 1966 по 2015 г. представлена на рисунке 2.

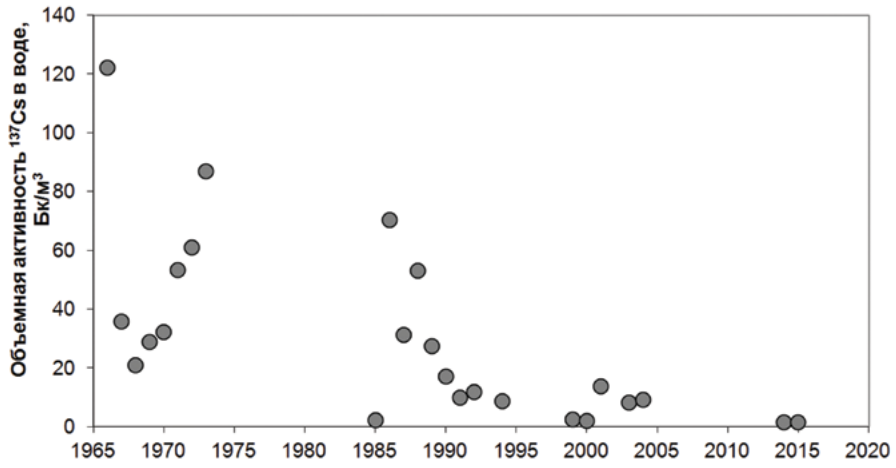


Рис. 1. Многолетняя динамика загрязнения водных масс Азовского моря ^{137}Cs (1966–2015 гг.)

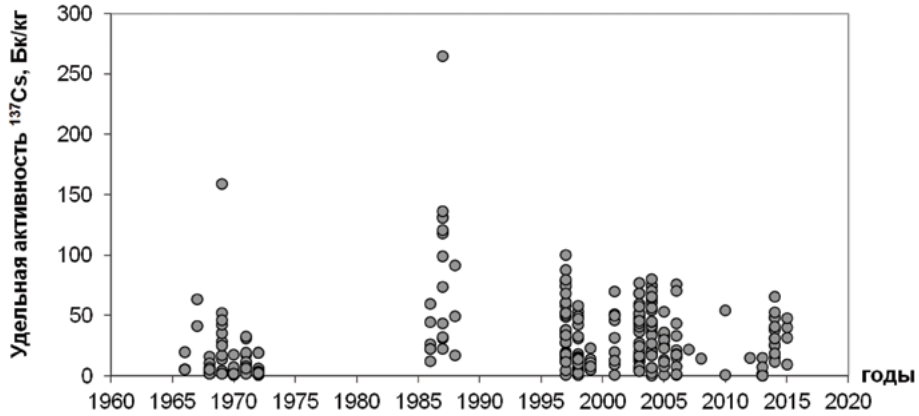


Рис. 2. Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях Азовского моря, 2066–2015 гг.

Исследования загрязнения Азовского моря, проводившиеся в 1960–1970-е гг., показали, что значительная часть активности ^{137}Cs переходит из морской воды в донные отложения. Максимальные уровни загрязнения ^{137}Cs в осадках водоема наблюдались в 1986 г. после атмосферных выпадений радионуклидов, обусловленных аварией на Чернобыльской АЭС. Следующие два года характеризовались более высоким накоплением ^{137}Cs в донных отложениях (от 22,2 до 264 Бк/кг). В 1987 г. средняя удельная активность ^{137}Cs для моря в целом составляла 100,9 Бк/кг, а в 1988 – 74,0 Бк/кг [Матишов и др., 2003а]. Исследования, проведенные в 1997–2000 гг., выявили снижение радиоактивного загрязнения осадков [Матишов и др., 2003б].

Высокий уровень загрязнения донных отложений ^{137}Cs характерен для пелитовых и алеврито-пелитовых илов центральной самой глубокой части моря. В 2004–2006 гг. максимальная удельная активность достигала 80 Бк/кг, в 2014–2015 – 65,4 Бк/кг. В настоящее время в смешанных осадках песчанисто-алевритово-глинистых с ракушей Керченского пролива удельная активность ^{137}Cs варьирует в пределах 18,4–40 Бк/кг.

В зонах смешения морских и речных вод многие элементы и соответственно многие радионуклиды обнаруживают неконсервативное поведение, т.е. изменение их концентрации обусловлено не только динамическим смешением соленых и пресных вод, но и другими процессами, наиболее важными из которых являются сорбционные реакции. Неконсервативность поведения радионуклида обычно устанавливается из анализа зависимости активности растворенной фазы от какого-либо консервативного показателя, например, солености.

Азовское море, в пределах которого соленость меняется практически от 0 ‰ в устье Дона до 17 ‰ в Керченском проливе, представляет собой удобный объект для подобного исследования. Зависимость активности ^{137}Cs в воде Азовского моря от солености, построенная по данным лета 2003 г., представлена на рисунке 3. Отклонение указанной зависимости от линейной свидетельствует о неконсервативном поведении ^{137}Cs в Азовском море и существенной роли сорбционных процессов в его миграции. При солености 8–10 ‰ в районе выхода из Таганрогского залива наблюдается уменьшение активности ^{137}Cs в растворенной фазе за счет его сорбции на взвеси.

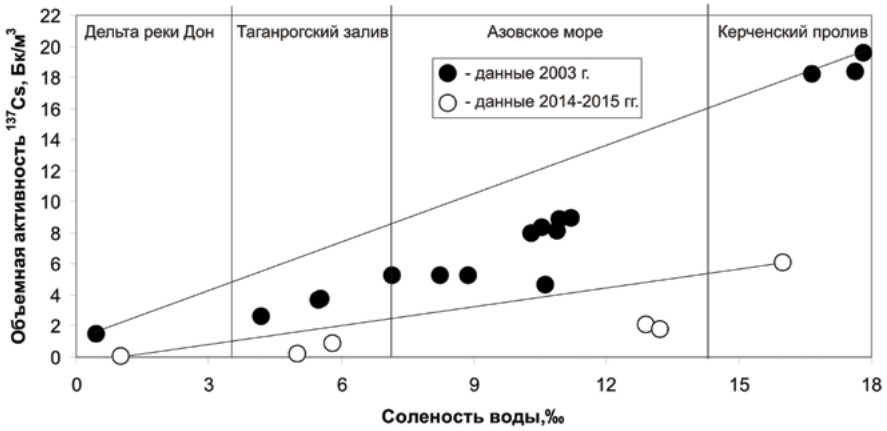


Рис. 3. Зависимость активности ^{137}Cs в воде Азовского моря от солености

Результаты исследований 2014–2015 гг. подтверждают выявленное в 2003 г. неконсервативное поведение ^{137}Cs в воде Азовского моря.

Существенный вклад в долговременное радиоактивное загрязнение морских акваторий вносит накопление искусственных радионуклидов взвесями и донными отложениями. По аналогии с процессом морского седиментогенеза в ходе аккумуляции радионуклидов взвесями выделяют несколько стадий:

- поступление радиоактивного материала;
- его разнос по площади моря;
- его дифференциация, или сортировка (для искусственных радионуклидов, не образующих собственной твердой фазы, эта стадия непосредственно связана с процессами сорбции и десорбции взвешенным веществом);
- собственно седиментогенез, т.е. образование устойчивых и закономерно построенных комплексов радиоактивного загрязнения.

Современный уровень накопления ^{137}Cs в донных отложениях Азовского моря колеблется в широком диапазоне от 0,4 до 65,4 Бк/кг сухой массы, при среднем значении 29,5 ± 18,9 (n=17) Бк/кг (рис. 4).

На распределение ^{137}Cs в поверхностном слое донных отложений Таганрогского залива одновременно оказывают влияние два противоположных процесса. Особенность геохимического поведения цезия заключается в том, что в пресных водах он мигрирует преимущественно в составе взвешенного вещества, а в соленых – в растворенной форме. Поэтому увеличение солености воды от дельты Дона к устью Таганрогского залива должно приводить к уменьшению содержания цезия во взвеси и донных отложениях. С другой стороны, в том же направлении, что и градиент солености, существует градиент размеров частиц. Различные гранулометрические фракции взвешенных веществ, выносимых рекой Дон, осаждаются на разном расстоянии от дельты. Доля мелкодисперсных частиц, обладающих высокой адсорбционной способностью по отношению к цезию, увеличивается в направлении выхода из залива, что ведет к повышению активности радионуклида в донных отложениях этого района. Процесс накопления радионуклидов в Таганрогском заливе происходит в условиях резкого смешения прес-

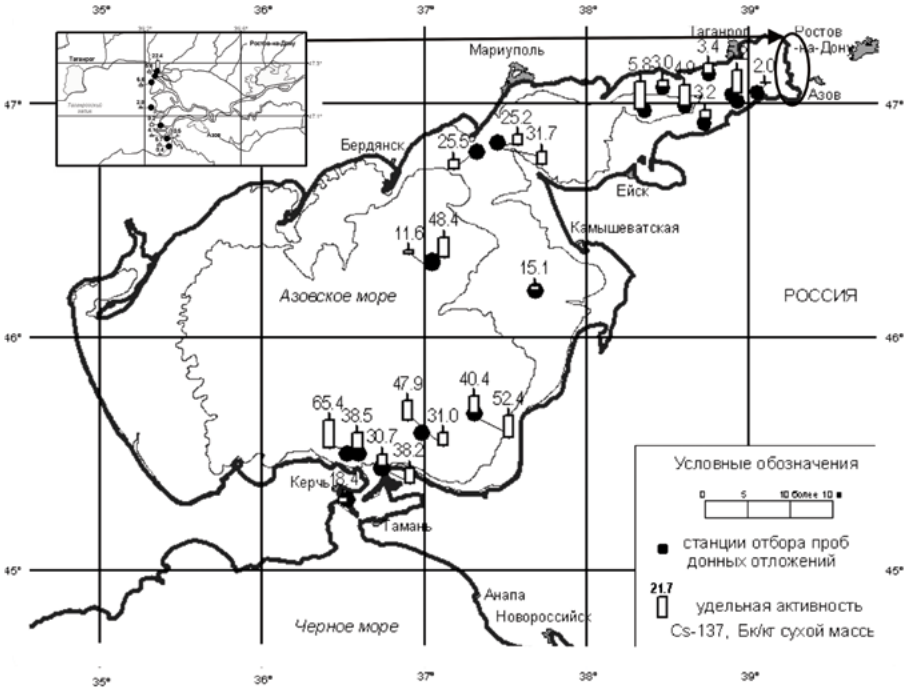


Рис. 4. Удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях Азовского моря, 2014–2015 гг.

ной речной воды с морской водой, здесь содержание ^{137}Cs варьирует в диапазоне 25–32 Бк/кг. Между содержанием ^{137}Cs в донных отложениях и процентным содержанием фракции размером <0,01 мм существует сильная корреляционная связь ($R^2 = 0,78$). В соответствии с данными 2004–2006 гг. и 2014–2015 гг. распределение ^{137}Cs в донных отложениях Таганрогского залива определяется главным образом содержанием в осадке мелкодисперсных фракций (пелита и мелкого алеврита). Низкие активности радионуклида наблюдаются в кутовой части залива, где происходит осаждение частиц крупных фракций (рис. 4). По направлению к устью дисперсность осадков и содержание в них ^{137}Cs возрастает до максимума, достигая величин порядка 50 Бк/кг (2004–2006 гг.) и 32 Бк/кг (2010–2015 гг.)

При невысоком уровне загрязнения водных масс основные количества ^{137}Cs сконцентрированы в донных отложениях. После интенсивного загрязнения в 1986 г. содержание ^{137}Cs в донных отложениях Азовского моря снизилось, однако остались локальные участки с повышенными концентрациями радионуклида [Матишов и др., 2015].

На фоне общего снижения поступления ^{137}Cs из атмосферы, его притока из других морей, а также с водосборной территории донные отложения могут стать важным источником вторичного радиоактивного загрязнения вод Азовского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексаньян О.М. *Стронций и цезий в гидробионтах Азовского моря*: дис. … канд. хим. наук. Ростов н/Д, 1979. 242 с.

Матишов Г.Г., Усягина И.С., Польшин В.В. Динамика загрязнения Азовского моря изотопом ^{137}Cs в 1966–2013 гг. // *ДАН.* 2015. Т. 460. № 6. С. 716–721.

Матишов Г.Г., Абраменко М.И., и др. *Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века)*. Т. 5. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003б. 441 с.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. *Радиационная экологическая океанология*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 417 с.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., и др. Радиоэкологические исследования Азовского моря (по результатам экспедиции 2001 г. // *ДАН.* 2003а. Т. 391. № 2. С. 247–249.

Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., и др. Динамика радиоактивного загрязнения донных отложений Баренцева, Белого и Азовского морей // *ДАН.* 2004. Т. 396. № 3. С. 394–396.

Радиоактивное загрязнение территории СССР в 1986 г. Ежегодник / под ред. К.П. Маханько. Обнинск: НПО «Тайфун». 1987. 134 с.

ВИРИОПЛАНКТОН КАРСКОМОРСКИХ МЕЛКОВОДИЙ

Т.И. Широколобова, М.А. Павлова, М.П. Венгер

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
shirokolobova@mmbi.info

В Карском море около 90 % морского дна принадлежит материковой отмели с глубинами до 100 м. Наиболее мелководными являются обширные южные и восточные участки моря, где глубины не превышают 50 м [Добровольский, Залогин, 1965]. Ключевую роль в формировании разнотипных пелагических биотопов в этой части шельфа играет пресный сток, в котором до 90 % его годового объема занимают воды Оби и Енисея.

Вириопланктон – наиболее массовый и динамичный компонент пелагиали [Wommack, Colwell, 2000], является слабоизученным фактором в экосистемах мелководных районов Карского моря [Копылов и др., 2015; Павлова и др., 2015].

Частично восполнить этот пробел помогут исследования, выполненные нами в акваториях карскоморского шельфа в 2013 и 2014 гг. Цель работы включала получение данных о численности вириопланктона, особенностях его распределения и факторах среды, определяющих уровень развития вирусных популяций в летне-осенний период.

В прибрежной части шельфа наблюдения проводили в пресных водах эстуариев – Обской и Тазовской губах (II декада августа 2014 г.). В открытой его части – в зоне смешения морских и пресных вод на центральном (75° с.ш.) и южном (74° с.ш.) разрезах (III декада августа и I декада сентября 2013 г., соответственно) (рис. 1).

В 2014 г. материал собран на 11 станциях в каждой из губ (с борта ПТС-085), в 2013 г. – на 5 станциях центрального и 7 станциях южного разреза (с борта НЭС «Профессор Молчанов»). Воду отбирали пластиковыми батометрами по двум горизонтам (поверхностный и придонный) в губах и по стандартным горизонтам в открытой части шельфа. Гидрологические параметры измеряли с помощью зонда СТД 48М (Sea&Sun Technology) и СТД SBE 19 plus (Sea Bird Electronics Inc.).

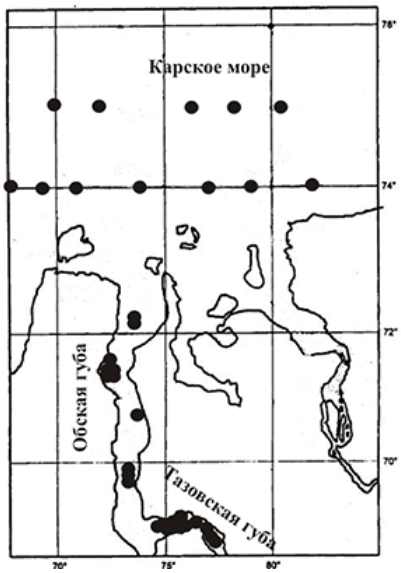


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб воды в прибрежных и открытых участках карскоморского шельфа в 2013 и 2014 гг.

Количественный учет планктонных вирусов и их потенциальных хозяев бактерий проводили стандартными методами с использованием флуорохромов SYBR Green I [Noble, Fuhrman, 1998] и DAPI [Porter, Feig, 1980], соответственно. Препараты просматривали под микроскопом Olympus BX51 с системой анализа изображения CellSens Standart. Скорость контактов (R) между вирусами и бактериями рассчитывали по [Murray, Jackson, 1992].

В статистическом анализе использовали стандартный пакет программ Microsoft Excel, и U – критерий Манна – Уитни, при $p \geqslant 0{,}05$.

Протяженность района исследований в пресноводной области достигала 240 км в Обской губе и 170 км в Тазовской. Глубины в осевой части нарастали с юга на север (от 9 до 13 м) в первой губе и с востока на запад (от 2 до 11 м) во второй. Мелководность и низкая скорость постоянных течений [Попов, 2012] способствовали относительно равномерному прогреву водной толщи двух акваторий. Регистрируемые в них диапазоны температуры 6,9–10,9 °С и ее средние значения (9,0 ± 0,1) °С соответствовали приводимым в литературе летним величинам [Лапин, 2011]. В большинстве случаев прозрачность воды в губах не превышала 0,8 м.

Численность вириопланктона в Тазовской губе изменялась от 9,5 до 27,0 × 10^6 частиц/мл и превышала численность в Обской губе (при диапазоне 4,6–18,6 × 10^6 частиц/мл) в среднем в 1,9 раза (табл. 1).

Таблица 1. Средние значения температуры (T °C) и солености (S ‰), обилия вирусов (Nvir, ×10^6 частиц/мл) и бактерий (Nbak, ×10^6 кл/мл), соотношения их обилия (Nvir/Nbak) и количества контактов между ними (R, в сутки) в прибрежных и открытых водах карскоморского шельфа

Водный слой	T° C	S ‰	Nvir	Nbak	Nvir/Nbak	R
Тазовская губа						
Поверхностный	10,1	0,0	18,1	3,1	6	107
Придонный	10,1	0,0	18,9	3,3	6	111
Обская губа						
Поверхностный	8,6	0,0	10,6	1,9	6	40
Придонный	8,0	0,0	8,9	1,9	5	33
Центральный разрез вдоль 75° с.ш.						
Над пикноклином	7,0	14,9	8,1	1,3	10	56
Под пикноклином	–1,3	32,7	1,9	0,3	7	1
Южный разрез вдоль 74° с.ш.						
Над пикноклином	6,0	17,5	9,7	0,9	17	13
Под пикноклином	–1,3	32,6	4,5	0,4	11	4

Концентрации вирусов в поверхностном и придонном слое каждой акватории достоверно не различались и постепенно увеличивались к устьям рек. Выявленный тренд сохранялся и в распределении гетеротрофного бактериопланктона. Его численность варьировала от 2,3 до 4,9 × 10^6 кл/мл в Тазовской и от 1,5 до 2,5 × 10^6 кл/мл в Обской губе. В первой из них вирусы превышали количество бактерий (Nvir/Nbak) от 3 до 9, во второй – от 2 до 10 раз. Рассчитанное число возможных контактов в сутки между клетками бактерий и вирусными частицами в водах Тазовской губы было выше, чем в водах Обской в 2,9 раза.

В открытой части карскоморского шельфа протяженность района исследований составила вдоль центрального разреза – 310 км (при глубине 30–43 м), вдоль южного – 450 км (при глубине 17–84 м). Согласно данным СТД-зондирования воды разрезов устойчиво подразделялись пикноклином (глубина залегания от 5 до 12 м) на два квазиоднородных слоя из относительно прогретых распресненных и холодных морских вод. Температура и соленость над пикноклином достигали значений 4,5–7,8 °C, 8,3–25,4 ‰ на центральном разрезе и 3,7–7,2 °C, 12,6–21,2 ‰ на южном. Под слоем пикноклина термохалинные показатели имели вид: –0,7…–1,8 °C, 29,6–34,1 ‰ и –0,5…–1,7 °C, 30,3–34,1 ‰, соответственно. Прозрачность воды, регистрируемая в периоды отбора проб, составляла 4,5-6,0 м.

Концентрации вириопланктона в слое над пикноклином (диапазон 0,6–28,5 × 10^6 частиц/мл) центрального и южного разреза (2,3–31,5 × 10^6 частиц/мл) достоверно не различались между собой. В холодных морских водах при диапазонах концентраций 0,6–3,9 × 10^6 на первом и 0,6–19,6 ×10^6 частиц/мл на втором разрезе выявлена та же закономерность.

Численность бактериопланктона центрального разреза находилась в пределах 0,3–2,3 × 10^6 в слое над пикноклином и 0,3–0,4 × 10^6 кл/мл в слое под ним. На южном разрезе этим слоям соответствовали диапазоны значений 0,3–1,4 × 10^6 и 0,2–1,0 × 10^6 кл/мл.

Обилие вирусов превышало обилие бактерий в водах над пикноклином от 2 до 20 раз на центральном разрезе и от 2 до 93 раз на южном. Под пикноклином диапазоны составили 3–11 на первом из них и 2–37 на втором. Среднее число возможных контактов между вирусными

частицами и бактериальными клетками в распресненном слое центрального (диапазон 0–156) и южного (4–29) разрезов на порядок превышало значения в слое морских вод (0–2) и (0–24), соответственно.

В результате сравнительного анализа данных впервые установлено, что в летне-осенний период вириопланктон достигал значительных концентраций как в пресных водах карско-морских эстуариев, так и в трансформированных морских водах открытой части шельфа.

Вирусное обилие в Тазовской и Обской губе находилось в пределах величин, отмеченных в озерах Скандинавии (0,7–28,9 × 10^6 частиц/мл) [Sawstrom et al., 2009], Ладожском озере (2,8–12,9 × 10^6 частиц/мл) [Сироткин и др., 2001] и Обской губе (8,3–26,7 × 10^6 частиц/мл) [Копылов и др., 2012]. Более широкий диапазон значений регистрировали в озерах островов Карского моря (25,9–64,8 × 10^6 частиц/мл) [Копылов и др., 2012]. Среднее число контактов между вирусами и бактериями (в сутки) в водах Тазовской и Обской губы значительно превышало показатели в скандинавских озерах (0,1–103,3) [Sawstrom et al., 2009] и было ниже, чем в мелких водоемах и водотоках бассейна Карского моря (154,0) [Копылов и др., 2012].

В его открытых шельфовых водах диапазон численности вирусных частиц соответствовал таковому в трансформированных водах Енисейского залива и северной части Обской губы (1,1–26,5 × 10^6 в мл) [Павлова и др., 2015]. Величина соотношения Nvir/Nbak в наших исследованиях превышала диапазоны, регистрируемые в эстуариях (3–53) [Павлова и др., 2015] и глубоководной бесстоковой части Карского моря (2–29) [Копылов и др., 2015], в которой численность вириопланктона изменялась от 0,1 до 1,1 ×10^6 частиц/мл. Ее значения в открытых водах баренцевоморского (1,7–35,8 × 10^6 частиц/мл) [Венгер и др., 2016] и карско-морского шельфа являлись сопоставимыми. При этом величины Nvir/Nbak (2–31) и R (2–125), полученные в Баренцевом море, варьировали в меньших диапазонах, по сравнению с таковыми в Карском.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Венгер М.П., Копылов А.И., и др. Влияние вирусов на бактериопланктон открытой и прибрежной части Баренцева моря // *Биология моря*. 2016. Т. 42. № 1. С. 19–26.

Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР (природа, хозяйство)*. М.: Мысль, 1965. 351 с.

Лапин С.А. Гидрологическая характеристика Обской губы в летне-осенний период // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 6. С. 984–993.

Копылов А.И., Косолапов Д.Б., и др. Планктонные вирусы, гетеротрофные бактерии и нанофлагелляты в пресных и морских водах бассейна Карского и Баренцева морей // *Биология внутр. вод.* 2012. № 3. С. 24–31.

Копылов А.И., Сажин А.Ф., и др. Вириопланктон Карского моря: влияние вирусов на смертность гетеротрофных бактерий // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 620–631.

Сироткин А.К., Гаврилова О.В., и др. Вирусы в планктоне Ладожского озера // *ДАН.* 2001. Т. 378. № 3. С. 427–429.

Павлова М.А., Широколобова Т.И., и др. Бактерии и вирусы эстуарных вод Карского моря // *Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций*: тез. докл. Междунар. науч. конф. (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН). Апатиты, 2015. С. 187–189.

Попов П.А. *Адаптация гидробионтов к условиям обитания в водоемах субарктики – на примере экологии рыб.* Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 2012. С. 255.

Murray A.G., Jackson G.A. Viral dynamics: a model of the effects of single-celled planktonic organisms and other particles. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1992. Vol. 14. P. 113–118.

Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green I for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria. *Aquat. Microb. Ecol.* 1998. Vol. 14(2). P. 113–118.

Porter J., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 1980. Vol. 25. P. 943–948.

Sawstrom C., Ask J., Karlsson J. Viruses in subarctic lakes and their impact on benthic and pelagic bacteria. *Microbiol Ecol.* 2009. Vol. 70(3). P. 471–482.

Wommack K.E., Colwell R.R. Virioplankton: viruses in aquatic ecosystems. *Microb. Mol. Biol. Rev.* 2000. Vol. 64(1). P. 69–114.

АДАПТАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ВОЛНОВОЙ МОДЕЛИ SWAN К УСЛОВИЯМ БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Н.А. Яицкая

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
yaitskayan@gmail.com

В настоящей статье представлены результаты работ по адаптации спектральной ветро-волновой модели SWAN (Simulating WAves Nearshore Model) к условиям бассейна Каспийского моря в целях изучения волнового климата в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 16-35-60046 мол_а_дк. Разработана и реализована трехэтапная схема вычислений. Выполнены расчеты продолжительных непрерывных серий среднесуточных ветро-волновых параметров (значительной высоты волны, средней длины волны, среднего направления волны, среднего и максимального периода волны и др.) в целом для Каспийского моря, Северного Каспия и ключевых участков акватории (мелководные районы и районы расположения береговой инфраструктуры) с 1948 по 2015 г.

Исходные данные для исследования состоят из двух групп: данные об абсолютных глубинах и положении береговой линии моря, включая острова; информация о скорости и направлении ветра, в виде серий данных меридиональной и зональной компонент.

Информация о батиметрии и морфометрии Каспийского моря была получена из геоинформационной системы (ГИС) «Каспийское море» [Яицкая, 2012; Яицкая, Лощинская, 2013; Yaitskaya et al., 2014]. На основе векторизованных точек значений глубин, линий изобат и береговой линии с гидрографических карт, составленных Управлением навигации и океанографии Министерства обороны РФ, масштаба 1:750 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, опубликованных в 1992–2009 гг. и соответствующих среднему положению уровня моря минус 27 м, создана цифровая модель рельефа дна Каспийского моря высокого пространственного разрешения (0,001×0,001° по широте и долготе соответственно). На основе цифровой модели были построены регулярные сетки для моря в целом и отдельных регионов [Яицкая, 2015]. Все работы с батиметрическим данными и ГИС выполнялись с использованием программного продукта ArcGIS (ESRI, США).

Информация о непрерывном ветровом воздействии при расчете параметров волнения, представленная в виде наборов меридиональной (U) и зональной компонент (V) на высоте 10 м над уровнем моря, была выбрана из ре-анализа NCEP/NCAR [Kalnay et al., 1996]. Этот ре-анализ содержит ретроспективные значения различных метеорологических параметров начиная с 1948 г. Временное разрешение данных составляет 6 ч, пространственное – 2,5×2,5° по долготе и широте. Чтобы избежать накопления ошибок при пересчетах, интерполяция ре-анализа в узлы регулярных расчетных сеток не выполнялась.Итоговые наборы данных в виде текстовых файлов были использованы в качестве входной информации в модель SWAN.

Расчеты проводились с помощью модели SWAN – волновой модели третьего поколения для получения реалистичных параметров в прибрежных регионах, озерах и эстуариях при заданном ветре, батиметрии и текущих условиях. Модель разработана на факультете Гражданского строительства и наук о Земле Делфтского технического университета, Нидерланды [Booij et al., 1999]. В работе использована версия 41.01A и учтены следующие процессы: линейный рост волны в соответствии с [Komen et al., 1984]; диссипация из-за «забурунивания» (whitecapping); опрокидывание волн на мелководье, вызванное изменением глубины; придонное трение, параметризованное константой спектра JONSWAP [Hasselmann et al., 1973]; трех- и четырех-волновое взаимодействие волн друг с другом (Quadruplets, Triads). Расчеты проводились непрерывно в течение каждого года. Для обеспечения такой непрерывности

создавались файлы (hot files), содержащие значения рассчитанных волновых параметров за последние сутки года, которые в свою очередь включались как стартовые на следующем этапе расчетов.

Адаптация и валидация модели к условиям Каспийского моря выполнялись в соответствии с ранее предложенным подходом, разработанным для Азовского моря [Третьякова, 2016; Tretyakova, 2014; Yaitskaya, Tretyakova, 2014; Tretyakova, Yaitskaya, 2015].

Для ре-анализа ветрового волнения Каспийского моря и описания волнового климата была разработана трехуровневая схема расчетов с последовательностью вложенных регулярных сеток. Перед началом расчетов формируются исполняемые файлы с входной информацией и необходимыми параметрами. Далее подготавливаются наборы данных для расчетов. Дискретизация расчетов по времени составляет 1 сутки. Продолжительность – с 1948 по 2015 г. На каждом временном шаге значения искомых параметров рассчитываются в каждой ячейке сетки. Результаты записываются в выходные файлы для сеточных областей и отдельно для выбранных точек каждые сутки. Результатом работы модели SWAN являются рассчитанные значения ветро-волновых характеристик (значительные высоты волн, средние период, высота и направление волны и другие параметры) для моря в целом и выделенных регионов. Для контроля корректности модельных результатов на всех этапах привлекались данные наблюдений ветрового волнения на прибрежных метеостанциях, предоставляемые в свободном режиме Единой системой информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

Временное распределение среднесуточных значений значительной высоты волны в Каспийском море для отдельных точек с 1948 по 2015 г. представлено на рисунке 1.

Для предварительной оценки пространственно-временных особенностей ветро-волновых параметров в Каспийском море были рассчитаны средние, минимальные и максимальные значения, соответствующие каждому месяцу, сезону и году.

Сезонные изменения значений ветро-волновых параметров в Каспийском море ярко выражены. Характерны изменения с севера на юг и с запада на восток. В среднем по результатам расчетов в Каспийском море волновые параметры имеют максимум в конце осени – начале зимы и для различных районов колеблются в пределах от 1,32 до 4,17 м. Максимум значений наблюдается в центральной части Среднего Каспия. В Северном и Среднем Каспии зимой и ранней весной значения ветро-волновых параметров уменьшаются и к лету (июнь – июль) достигают своего минимума. Например, в июле среднее значение значительной высоты волны колеблется от 0,27 до 0,62 м, длины волны 4,89–13,14 м, периода волны 2,11–3,61 сек. В районе же Апшеронского полуострова и особенно в Южном Каспии минимальные значения характерны для апреля. Интенсификация волновых процессов опять наблюдается осенью на всей акватории. В течение периода между сентябрем и ноябрем восстанавливается типичная пространственная картина с наиболее высокими волнами, соответствующими центральной части моря.

Эти результаты согласуются с общей картиной ветрового волнения в море, опубликованной в литературе [Гидрометеорология … 1992]. Но значения высот и длин волн несколько занижены по сравнению с данными наблюдений. Это можно объяснить погрешностью используемых данных о ветровом режиме. Для устранения ошибок такого рода и улучшения вычисляемых значений данные ре-анализа будут уточнены с учетом специфики атмосферных процессов над Каспийским морем в соответствии с подходом, изложенным в [Бухановский и др., 2005].

В продолжение работы планируется детализировать статистические характеристики ветровых волн в морях, уточнить параметры модели и уменьшить погрешность вычислений. Результаты представленных расчетов будут использованы в качестве входных данных в балансовую модель гидрологического режима Каспийского моря CaSMOD (Caspian Sea MOdel) [Бердников, 2004] для параметризации межрайонного водообмена с целью восстановления схемы общей сезонной циркуляции вод моря и отдельно района Северного Каспия при различных положениях уровня моря в XX–XXI вв. и прогностических расчетах сезонной циркуляции вод для наиболее вероятных климатических сценариев в будущем.

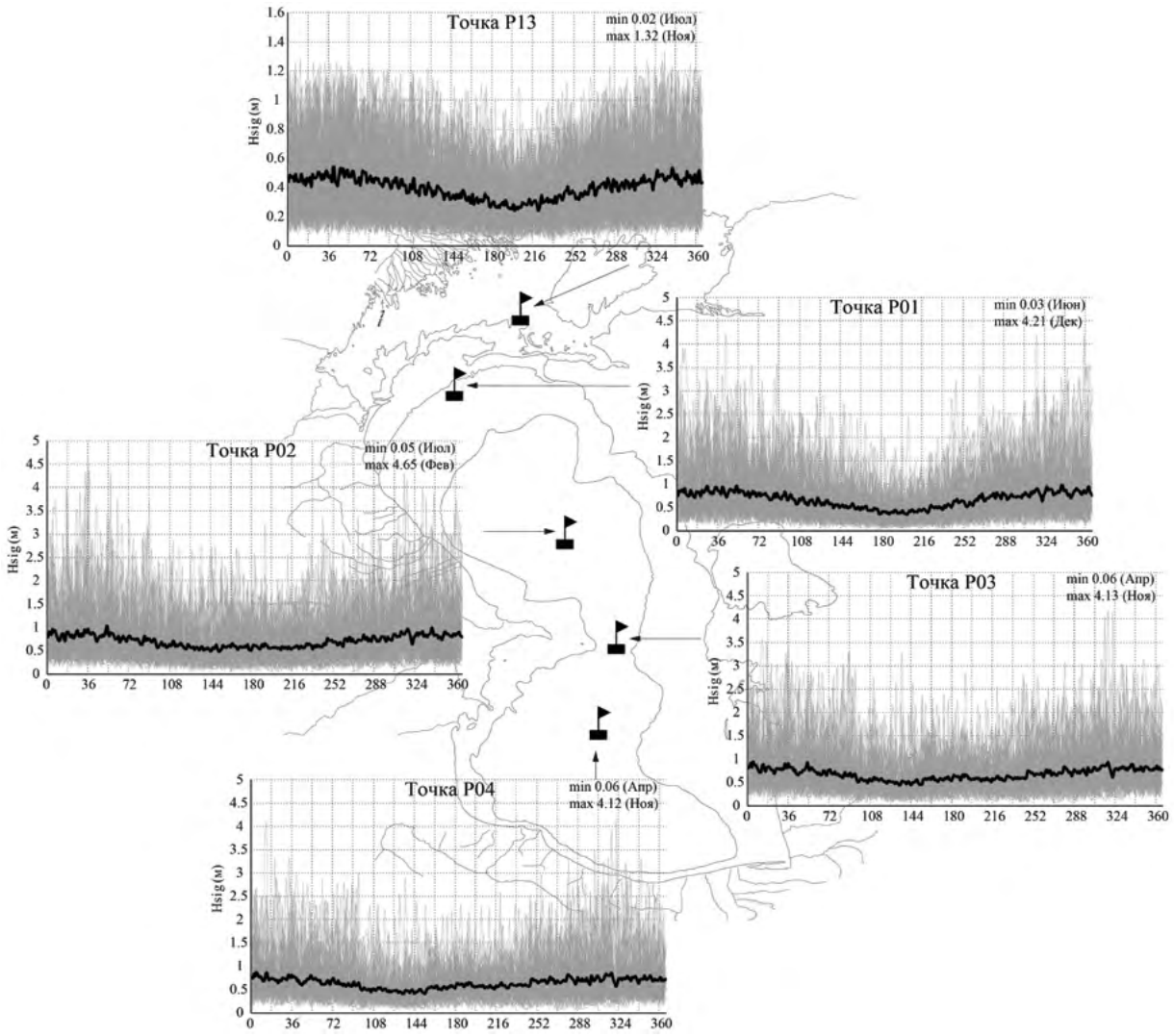


Рис. 1. Среднесуточные значения значительной высоты волны (Hsig) (м) в ключевых точках Каспийского моря. Серые линии – отдельные годы, черные линии – средние значения для всего расчетного периода (1948–2015 гг.). Абсолютные среднесуточные минимальные и максимальные значения

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60046 мол_а_дк «Исследование гидрологического режима Каспийского моря в XX–XXI веках и его экстремальных проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бердников С.В. *Разработка и применение компартментальных моделей для изучения пространственных характеристик морских экологических систем*: дис. … д-ра геогр. наук. Мурманск, 2004. 335 с.

Бухановский А.В., Иванов С.В., Лопатухин Л.И. Подходы, опыт и некоторые результаты исследований волнового климата океанов и морей // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География*. 2005. № 3. С. 62–74.

Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 360 с.

Третьякова И.А. ГИС-ориентированный программный модуль краткосрочного прогнозирования и оценки риска экстремальных нагонных явлений в дельте Дона // *Мат-лы Междунар. молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2016»* / отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный

ресурс]. М.: МАКС Пресс, 2016. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

Яицкая Н.А. Изучение экстремальных проявлений гидрологического режима Каспийского моря: реанализ и прогноз // *Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Т. 2:* сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. (2–4 дек. 2015 г., Сочи). Сочи: ГБУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности»; Дониздат, 2015. С. 358–365.

Яицкая Н.А. *Термохалинный режим Каспийского моря при изменении уровня*: автореф. дис. … канд. геогр. наук. Мурманск, 2012. 28 с.

Яицкая Н.А., Лощинская В.В. Создание геоинформационной системы южных морей России для сохранения исторической картографической информации // *Экология, экономика, информатика. Т. 2: Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг* (п. Абрау-Дюрсо, 8–13 сентября 2013 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2013. С. 211–217.

Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation. *Journal of Geophysical Research*. USA, 1999. Vol. 104. P. 7649–7666.

Hasselmann K., Barnett T.P., et al. Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographishen Zeitschrift.* Germany, 1973. Vol. 8. Issue12. 95 p.

Kalnay E., Kanamitsu M., et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. USA, 1996. Vol. 77. P. 437–470.

Komen G.J., Hasselmann S., Hasselmann K. On the existence of a fully developed wind – sea spectrum. *Journal of Physical Oceanography*. 1984. Vol. 14. P. 1271–1285.

Tretyakova I.A., Chikin A.L. Forecasting of dangerous don delta flooding: preliminary results // *Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии*. Collection of articles of the II International conference. Ростов н/Д, 2014. С. 41–43.

Tretyakova I.A., Yaitskaya N.A. Methods for assessing dangerous storm and surge phenomena in the basin and coastal zone of the Sea of Azov // *Геоинформационные науки и прогнозирование экстремальных явлений*: сб. ст. III Междунар. науч. конф. Ростов н/Д, 2015. С. 101–122.

Yaitskaya N., Lychagina Y., Berdnikov S. The ice conditions study of the Caspian Sea during the winter periods 2008–2010 using satellite monitoring data and geographical information system. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2014. Vol. 23 Issue 11. P. 2771–2777.

Yaitskaya N.A., Tretyakova I.A. The study of hazardous natural phenomena in the Sea of Azov basin by mathematical modeling and GIS technologies // *Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии.* Collection of articles of the II International conference. Ростов н/Д, 2014. С. 152–165.

РАЗВИТИЕ КОККОЛИТОФОРИД В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ

О.Н. Ясакова[1], Ю.Б. Околодков[2]

[1]Южный научный центр РАН; Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Университет Веракруза, Мехико
yasak71@mail.ru, yuriokolodkov@yahoo.com

В последние годы изучению кокколитофорид уделяется повышенное внимание, что связано со способностью этих организмов регулировать уровень содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере, переводя его в нерастворимую форму карбоната кальция ($CaCO_3$) в виде ажурной клеточной оболочки, состоящей из отдельных известковых пластин-кокколитов, которые после гибели клеток становятся одним из главных составляющих донных осадков в океане [Paasche, 2002; Riebessell, 2004; Engel et al., 2005]. Среди 47 видов кокколитофорид *Emiliania huxleyi* (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler является массовым видом в Чёрном море, ее развитие наблюдают с февраля по октябрь. В Чёрном море в последнее время численность этого вида ежегодно достигает уровня «цветения» и отмечается тенденция к усилению ее развития, что подтверждают спутниковые наблюдения [Cokacar et al., 2001; Burenkov et al., 2006]. В связи со способностью кокколитофорид регулировать уровень CO_2 в атмосфере и, как следствие, влиять на температурный режим и климатические условия нашей планеты, исследования динамики развития *E. huxleyi* в современный период приобретают особую значимость. Определенный интерес представляют сведения о количественном развитии кокколитофорид в прибрежной северо-восточной части Чёрного моря. Задачей наших исследований было проследить особенности многолетней динамики развития *Emiliania huxleyi* на фоне всего фитопланктона непосредственно в бухтах портовых (Новороссийск и Туапсе) и курортных городов (Анапа и Геленджик) и за их пределами в открытой северо-восточной части Чёрного моря.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили сборы фитопланктона в акваториях портовых и курортных городов Новороссийск, Туапсе, Анапа и Геленджик, часть станций располагалась на фоновых мористых станциях. Отбор проб в бухтах выполняли во время коротких рейсов на маломерных судах ФГУ АМПН в разные сезоны 2005–2011 гг. (рис. 1).

Пробы фитопланктона объемом 1–1,5 л отбирали в дневное время суток с помощью химических батометров. Пробы концентрировали методом обратной мягкой фильтрации через ядерные фильтры (диаметр пор 1–2 мкм) с помощью фильтрационной воронки Ю.И. Сорокина [1979]. Фиксировали раствором нейтрального формальдегида до конечной концентрации 1–2 %, для идентификации видов был применен метод «живой капли» [Суханова, 1983; Макаревич, Дружков, 1989]. Всего было отобрано и обработано 396 проб. Клетки фитопланктона просматривали в счетной камере собственной модификации и камере Nageotte, объемом 0,05 и 0,1 мл с помощью микроскопа МИКМЕД-2 при увеличении ×200, ×400, не менее чем в трех повторностях [Кольцова и др., 1979; Федоров, 1979; Руководство … 1980].

Результаты исследований. Среднемноголетние (2006–2011 гг.) показатели численности *Emiliania huxleyi* ***в Новороссийской бухте*** составили 56 тыс. кл./л, на акватории ***порта Новороссийск*** – 7,7 тыс. кл./л. На акватории бухты и порта вид формировал соответственно 14 и 1,5 % численности всего фитопланктона. Небольшие вспышки численности (42 и 91 тыс. кл./л) этого вида в порту приходились на осень: сентябрь 2008 г. и октябрь 2010 г. В открытой части Новороссийской бухты вид доминировал в августе 2006 г. (41 %). В это время плотность *E. huxleyi* была максимальной за весь период исследования – 360 тыс. кл./л, в остальные месяцы его количество не превышало 150–190 тыс. кл./л. Наиболее продолжительное (май – октябрь) и обильное развитие *E. huxleyi* наблюдали в 2006 и 2008 гг.

Среднемноголетние показатели численности *E. huxleyi* на акватории ***порта Туапсе*** за период исследований (2005–2011 гг.) составили 20 тыс. кл./л, вид формировал не более 12 %

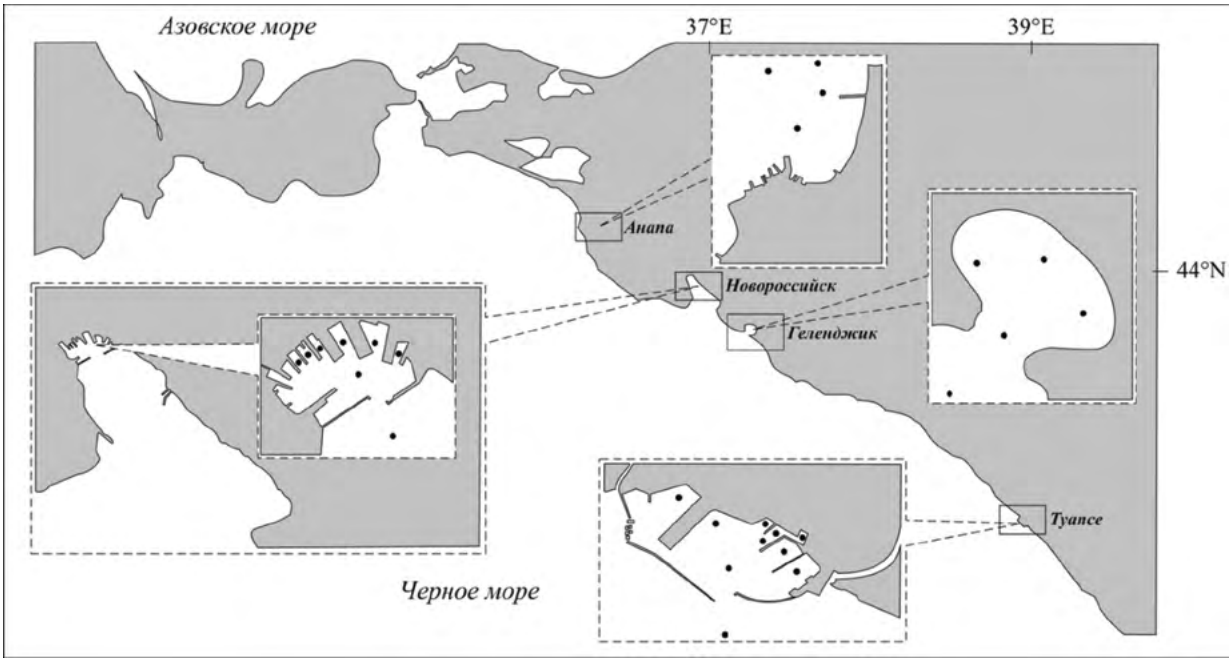


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в бухтах северо-восточного шельфа Чёрного моря

общей численности. В открытой части моря, напротив Туапсинского порта, подверженной меньшей антропогенной нагрузке, значения численности *E. huxleyi* были в 3 раза выше (69 тыс. кл./л), что составило 28 % от общего количества планктонных водорослей. Всплеск вегетации (49–87 тыс. кл./л) этого вида кокколитофорид на акватории Туапсинского порта отмечали в мае 2009, мае 2010, марте и мае 2011 гг., в это время он формировал – 22–60 % общей численности фитопланктона. Менее значительная вспышка численности произошла в августе 2010 г. (22 тыс. кл./л), что составило 36 % общей численности. В другое время обилие кокколитофориды не превышало 15 тыс. кл./л, а ее доля – 20 %. Вспышки обилия *E. huxleyi* в открытом море (156–240 тыс. кл./л) наблюдали в июле 2005, июле 2006, мае 2010, марте и мае 2011 гг. – когда вид формировал 23–84 % общей численности фитопланктона. Значительное развитие *E. huxleyi* (51–67 тыс. кл./л) в открытой части моря отмечали также в мае 2009, августе и ноябре 2010, августе 2011 гг. В это время на долю этого вида кокколитофорид приходилось от 49 до 67 % общей численности планктонных водорослей.

Среднемноголетние показатели численности кокколитофориды на акватории ***Геленджикской бухты*** за весь период исследования составили 27 тыс. кл./л. В открытой части моря величины численности *E. huxleyi* (242 тыс. кл./л) были почти на порядок выше, чем в бухте. Доля этого вида в общей численности (65 %) была в 5 раз выше по сравнению с бухтой. Значительную вегетацию *E. huxleyi* (51–120 тыс. кл./л) отмечали в июле 2006, ноябре 2009 и июле 2011 гг., когда вид формировал от 37 до 77 % общей численности. За пределами бухты все вспышки численности фитопланктона были связаны с обилием *E. huxleyi*. «Цветение» воды в открытой части моря, вызванное *E. huxleyi* (1320 тыс. кл./л), наблюдали в июле 2006 г., когда вид формировал 90 % общей численности и 30 % биомассы. Всплески численности этого вида кокколитофорид (400, 242 и 59 тыс. кл./л), формировавшего 55–80 % общей численности в открытой части моря, отмечали также в и июле 2005 г., июле 2011 г., ноябре 2009 г.

Среднемноголетние показатели численности *E. huxleyi* на акватории ***Анапской бухты*** за период исследований (2005–2011 гг.) составили 33 тыс. кл./л. В открытой части моря численность этого вида (93 тыс. кл./л) была в 3 раза выше, чем на акватории бухты. Кокколитофориды, представленные *E. Huxleyi*, формировали значительную часть (20 %) общего обилия фитопланктона как в акватории бухты, так и за ее пределами в открытой части моря (36 %).

С развитием *E. huxleyi* (162 и 267 тыс. кл./л) был связан летний (июль 2011 г.) пик плотности фитопланктона, когда доля этого вида в бухте и в открытой части моря составила 60 и 86 % от общей численности планктонных водорослей. В другое время обилие вида не превышало 200 тыс. кл./л в открытом море и 52 тыс. кл./л в бухте.

Выводы. В результате проведенных многолетних исследований было выявлено, что внутри бухт и портов северо-восточного побережья Чёрного моря доминирующий вид кокколитофорид *Emiliania huxleyi* формировал не более 20 % общей численности фитопланктона (в среднем 22 тыс. кл./л). Тогда как в открытой части моря этот вид в среднем составил 35 % обилия фитопланктона (115 тыс. кл./л). Значение *Emiliania huxleyi* в море повышалось в весенне-летний период: вид формировал до 90 % общей численности планктонных водорослей. Причем минимальное количество этого вида было зафиксировано на акватории Новороссийского порта (7,7 тыс. кл./л), максимальное (1320 тыс. кл./л) – в открытом районе моря напротив Геленджикской бухты. Вероятно, *E. huxleyi* избегает высокоэвтрофные акватории моря.

Благодарности. Работа выполнена в рамках программ «Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России» (№ гос. рег. ЦИТИС: 01201363187), «Природно-ресурсный и природно-экологический потенциал морского природопользования как одно из условия диверсификации экономики регионов Юга России» (№ гос. рег. ЦИТИС: -А16-116011910022-6) и «Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных» (соглашение № 14.607.21.0059 от 22.09.14 д/с № 1 от 28.05.2015, № гос. рег. 114111940058). Автор выражает глубокую признательность за возможность проведения научных работ академику РАН Г.Г. Матишову (ЮНЦ РАН); за техническую поддержку В.С. Бердникову (ФГУ «Администрация морских портов Чёрного моря», г. Новороссийск).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. О количественной обработке проб фитопланктона // *Биол. науки.* 1979. № 6. С. 96–100.

Макаревич П.Р., Дружков Н.В. *Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество*. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 1989. 50 с.

Руководство по методам биологического анализа морских вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 186 с.

Сорокин Ю.И. К методике концентрирования фитопланктона // *Гидробиол. журнал*. 1979. № 2. С. 71–76.

Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // *Современные методы количественной оценки распределения морского планктона*. М.: Наука, 1983. С. 97–105.

Фёдоров В.Д. О *методах изучения фитопланктона и его активности*. М.: МГУ, 1979. С. 106–108.

Burenkov V.I., Kopelevich O.V., et al. Possible causes of the increased content of suspended particles in the north-eastern part of the Black Sea in June. *Oceanology*. 2006. Vol. 45(1). P. 39–50.

Cokacar T., Kubilay N., Oguz T. Structure of *Emiliania huxleyi* blooms in the Black Sea surface waters as detected by SeaWIFS imagery. *Geophys. Res. Lett*. 2001. Vol. 28. P. 4607–4610.

Engel A., Zondervan K., et al. Testing the direct effect of CO_2 concentration on a bloom of the coccolithophorid *Emiliania huxleyi* in mesocosm experiments. *Limnol. Oceanogr*. 2005. Vol. 50. P. 493–507.

Paasche E. A review of the coccolithophorid *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae), with particular reference to growth, coccolith formation, and calcification-photosynthesis interactions. *Phycologia*. 2002. Vol. 40(6). P. 503–529.

Riebesell U. Effects of CO_2 enrichment on marine phytoplankton. *J. Oceanogr*. 2004. Vol. 60. P. 719–729.

РАЗДЕЛ 3

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ



ПЕРСПЕКТИВЫ ВКЛЮЧЕНИЯ НОМИНАЦИИ «НИЖНИЙ ДОН» В СПИСОК ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ МЕЖДУНАРОДНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Т.М. Брагина

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
г. Ростов-на-Дону, Россия
Костанайский государственный педагогический институт, г. Костанай, Россия
tm_bragina@mail.ru

Водно-болотные угодья (ВБУ) по своей сути полифункциональны и выполняют ряд важнейших экологических функций, в том числе регулирование поверхностного и подземного стока, уровня грунтовых вод, очищение вод, стабилизацию климатических условий. Они имеют ресурсное, водоохранное, рекреационное значение, поддерживают биологическое разнообразие, обеспечивая биоценозы водными и трофическими ресурсами, от которых зависит существование многих видов флоры и фауны; поддерживают стабильность обширных территорий. В то же время они испытывают сильнейший антропогенный пресс и находятся под угрозой разрушения в результате антропогенных преобразований – осушения, строительства гидротехнических сооружений, аккумуляции загрязняющих веществ, переэксплуатации ресурсов и нуждаются в защите. Находясь на низких гипсометрических уровнях, ВБУ суммируют влияние современной индустриальной цивилизации как на своей территории, так и на площади водосбора и территории атмосферного переноса влаги благодаря испарению и выпадению осадков, воздействию на грунтовые воды и миграциям животных.

Для сохранения экологических свойств и биологического разнообразия ВБУ необходимо рациональное управление экосистемами на их территории и окружающих землях. Водно-болотные угодья высокого природоохранного уровня охраняются Рамсарской конвенцией о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц (принята в г. Рамсар (Иран) 2 февраля 1971 г.).

По данным 2016 года, участниками конвенции являются более 150 государств, на территории которых находится 1926 водно-болотных угодий международного значения общей площадью 187 984 550 га [Рамсарская конвенция, 2016]. Постановлением Правительства РФ от 13 сентября 1994 № 1050 был утвержден перечень из 35 БВУ, признанных «рамсарскими», однако с тех пор данный перечень не расширялся и не обновлялся.

Рамсарские угодья отбираются на основании их международного значения с точки зрения экологии, ботаники, зоологии, лимнологии или гидрологии по определенным критериям. Начало разработки критериев для выделения водно-болотных угодий международного значения относится к 1974 г. Первые критерии были согласованы на Конференции Сторон Рамсарской конвенции (КС-1) в 1980 г. В 1987, 1990, 1996, 1999 и 2005 гг. критерии, схемы и указания по формированию Списка водно-болотных угодий международного значения пересматривались и дополнялись.

Согласно критериям репрезентативности и уникальности водно-болотное угодье может считаться имеющим международное значение:

– если оно является особо репрезентативным примером естественного или почти естественного угодья, типичного для данного биогеографического региона;

– или является особо репрезентативным примером естественного или почти естественного угодья, общего для нескольких природных регионов;

– или является особо репрезентативным примером угодья, играющего существенную гидрологическую, биологическую или экологическую роль в естественном функционировании крупного речного бассейна или прибрежной системы, особенно расположенных на границе;

– или является примером специфического типа угодья, редкого или необычного для данного биогеографического региона.

В соответствии с критериями биоразнообразия ВБУ может считаться угодьем международного значения:

– если обеспечивает существование ощутимого количества редких, исчезающих или находящихся под угрозой исчезновения видов растений или животных, или значительного количества особей одного или нескольких таких видов;

– или представляет особую ценность для поддержания генетического и экологического разнообразия в регионе благодаря качеству и своеобразию своей флоры и фауны;

– или имеет особую ценность в качестве местообитания растений и животных на критической стадии их биологического цикла;

– или представляет особую ценность для одного или более эндемичных растений или животных, или сообществ.

ВБУ может иметь международное значение в соответствии со специальными критериями, основанными на его роли как местообитания орнитофауны:

– если регулярно поддерживает существование 20 000 водоплавающих птиц;

– или регулярно поддерживает существование значительного количества особей из особых групп водоплавающих, свидетельствующих о ценности ВБУ, его продуктивности или биоразнообразия;

– или в том случае, когда можно установить численность популяции, угодье поддерживает существование в популяции 10 % особей одного или более видов или подвидов водоплавающих птиц.

В 1996 г. Сторонами Конвенции были добавлены новые Критерии по рыбам, а именно: 1) водно-болотное угодье следует считать имеющим международное значение, если оно обеспечивает существование значительного числа представителей местных подвидов, видов или семейств рыб, отдельных стадий их биологического цикла, взаимодействия видов, и/или популяций, которые являются индикаторами экологической и/или экономической ценности водно-болотного угодья; 2) водно-болотное угодье следует считать имеющим международное значение, если оно является важным источником пищи для рыб, нерестилищем, рыбопитомником и/или лежит на пути миграций рыб.

В список рамсарских угодий вошли дельты практически всех крупных рек Европы и мира (дельта Волги, Дуная, Кубани, Нигера, Конго, Или, Сырдарьи, сибирских рек – устье реки Енисей, Междуречье и долины рек Пура и Мокоритто и других рек). В Ростовской области международный статус был придан двум ВБУ – Веселовскому водохранилищу и оз. Маныч-Гудило. Однако водные экосистемы Ростовской области защищены недостаточно, в том числе пойма и дельта реки Дон.

В феврале 2016 г. в Минприроды России прошло совещание, посвященное вопросам выполнения страной положений Рамсарской конвенции, и принято решение о расширении списка рамсарских угодий России. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (ФГБНУ «АзНИИРХ») имеет обширную зону ответственности по сохранению и увеличению водных биологических ресурсов, проводит мониторинг водно-болотных угодий и их рыбохозяйственного значения. Учитывая важнейшее значение поймы и дельты реки Дон, предлагаем в ближайшее время придать статус рамсарского угодья территории Нижнего Дона. Данная территория входит в Перспективный список Рамсарской конвенции, согласованный с Международным бюро по сохранению водно-болотных угодий Wetland International, под № 56 с наименованием «Нижний Дон» [Казаков, 2000]. На этой территории находится ключевая орнитологическая территория (КОТР) международного значения – Дельта Дона [Ключевые … 2009]. Это предложение усилено Решением 7-й конференции Сторон Рамсарской конвенции, которая ввела специальные критерии по рыбам.

Объект «Нижний Дон» соответствует критериям 1, 3, 7 и 8 Конвенции и сохраняет места гнездования, миграции, линьки, кормежки гусеобразных, куликов, цаплевых, ибисовых, веслоногих, чаек и хищных птиц [Казаков, 2000], обеспечивает существование значительного числа представителей местных подвидов, видов и семейств рыб. Территория КОТР «Дельта Дона»

имеет международное значение для 42–43 видов птиц [Ключевые … 2009]. В «Нижнем Дону» отмечено более 70 видов рыб, в том числе 4 вида осетровых [Троицкий, Позняк, 1980]. «Нижний Дон» имеет международное значение и по критерию, который учитывает источник пищи для рыб, является нерестилищем рыб и лежит на пути миграций рыб, в том числе осетровых, находящихся на грани исчезновения. Объект «Нижний Дон» имеет большое значение для взаимодействия видов и популяций рыб, которые являются индикаторами экологической и экономической ценности водно-болотного угодья. В связи с рекомендациями Всемирного фонда природы (WWF) предлагается номинировать объект в границах особо охраняемой природной территории – участка областного природного парка «Донской» «Дельта Дона» на площади 30 212,6 га или в границах КОТР «Дельта Дона». В настоящее время необходимо суммировать имеющиеся данные и провести дополнительные исследования для подготовки необходимой документации по процедуре придания статуса рамсарского угодья номинируемой территории. В дальнейшем на территории ВБУ должны быть разработаны план управления, меры восстановления и реабилитации угодья, мониторинг изменений экологического характера, зонирование территории, экологическая экспертиза предлагаемых видов деятельности на угодье, на границах угодья или за его границами, которые могут оказывать негативное воздействие.

2017-й год в РФ объявлен Годом особо охраняемых природных территорий (ООПТ), и предложение станет вкладом для поддержки государственного подхода в осуществление Национальной Стратегии и Плана действий (НС и ПД) до 2020 г. в области сохранения и рационального использования биоразнообразия, принятого в 2014 году. Согласно национальной целевой задачи 11 НС и ПД, к 2020 году репрезентативная система экологически связанных ООПТ Российской Федерации должна обеспечить сохранность уникальных экосистем и ландшафтов, объектов животного и растительного мира, в том числе редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений, занесенных в Красную книгу РФ. ООПТ должны эффективно управляться, их площадь к 2020 году должна занять не менее 13,5 % площади России (в настоящее время 11,8 %), а площадь природных территорий и акваторий с режимом регулируемого природопользования, играющих ключевую роль в предоставлении экосистемных услуг, увеличиться и составить не менее 17 % суши и 10 % акватории, находящихся под национальной юрисдикцией.

Согласно национальной целевой задаче 14 НС и ПД, к 2020 году экосистемы, оказывающие важнейшие услуги для обеспечения жизни, здоровья и благосостояния населения, будут определены и сохранены. Индикаторами решения этой задачи являются увеличение площади охраняемых ВБУ международного значения и других природных территорий, имеющих ключевое значение в качестве мест обитания (ключевые орнитологические территории, ключевые ботанические территории, водные объекты, имеющие значение как нерестилища ценных и промысловых видов рыб); площади восстановленных ВБУ, ранее нарушенных хозяйственной деятельностью и числа и площади ООПТ федерального и регионального значения, организованных в целях поддержания устойчивого предоставления экосистемных услуг.

Придание статуса рамсарского угодья территории номинируемого объекта «Нижний Дон» станет важным шагом на пути сохранения и устойчивого развития территории, конечным результатом которого будет осуществление разумного (устойчивого) его использования в долгосрочной перспективе, решение вопросов продовольственной безопасности страны, реализация решения Госсовета России по вопросам развития рыбохозяйственного комплекса и рыбной отрасли в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Казаков Б.А. Нижний Дон // *Водно-болотные угодья России. Том 3. Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции. Wetlands International Global Series.* М., 2000. No 3. С. 155–166.

Ключевые орнитологические территории России. Том 3. Ключевые орнитологические территории международного значения в Кавказском экорегионе. М.: Союз охраны птиц России, 2009. С. 54–57.

Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом, в качестве местообитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция). 2016. URL: http://www.ramsar.org

Троицкий С.К., Позняк В.Г. Общая характеристика ихтиофауны Северного Кавказа // *Ресурсы живой фауны. Ч. 1. Водные животные.* Ростов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1980. С. 82–110.

НОРМИРОВАНИЕ ПОТОКА ПОСТУПЛЕНИЯ СВИНЦА В АЗОВСКОЕ МОРЕ ПО БИОГЕОХИМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

М.В. Буфетова

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия
mbufetova@mail.ru

Настоящая работа посвящена разработке биогеохимических критериев нормирования предельно допустимых потоков поступления свинца в Таганрогский залив, центральную часть Азовского моря и в Керченский пролив по результатам измерений концентраций Pb в воде и в донных осадках, а также оценок скорости седиментационных процессов в этих акваториях.

Для определения межгодовых трендов были использованы литературные данные по содержанию свинца в воде и донных отложениях Азовского моря с 1986–2009 гг. [Клёнкин и др., 2010] и данные, предоставленные ФГУ «Азовморинформцентр», по концентрации этого тяжелого металла в воде и донных отложениях за 2010–2014 гг.

В данной работе в Азовском море были выделены три бокса, что связано с их морфометрическими и гидрологическими особенностями (табл. 1).

Таблица 1. Параметры боксов [Гидрометеорология, 1991; Сорокина, 2006]

Бокс	Площадь, км^2	Объем, км^3	Средняя глубина, м	Средняя скорость осадконакопления, г/м^2/год
I – Таганрогский залив	5600	25	4,9	700
II – собственно море	33 400	231	7	300
III – Керченский пролив	675	12	18	500

Предельно допустимая концентрация свинца в воде ($ПДК_в$) водных объектов рыбохозяйственного значения составляет 10 мкг/л [Нормативы … 2010]. Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов в донных отложениях ($ПДК_{до}$) в России на федеральном уровне не утверждены. В зарубежной практике примером нормирования качества осадков служат «голландские листы» – для свинца $ПДК_{до}$ составляет 85,0 мкг/г сухой массы [Warmer, van Dokkum, 2002].

Сорбция тяжелых металлов донными отложениями зависит от их состава. Господствующее положение в Азовском море занимают глинисто-илистые осадки (фракция 0,01 мм составляет более 70 %). Характерное явление седиментогенеза Азовского моря – смешанный тип донных отложений: смесь в близких пропорциях (от 25 до 40 %) фракции ила, алеврита и песка, включая детрит. Ареалы смешанных осадков тяготеют к прибрежному шельфу, к подножию всех значимых банок открытого моря, а также к центру понижения дна в крупных заливах [Экологический атлас … 2011].

Анализ материалов по содержанию свинца в воде и в донных отложениях показал следующее. На рис. 1а видно, что с 2007 г. была отмечена тенденция увеличения загрязнения вод открытой части Азовского моря свинцом, а концентрация свинца в воде Таганрогского залива в 2012–2013 гг. была близкой к $ПДК_в$. В этот же период загрязнение воды свинцом в Керченском проливе превышало или было близким к $ПДК_в$. Представленные на рис. 1б результаты показали, что загрязнение донных отложений свинцом за все годы не превышало допустимых уровней $ПДК_{до}$. При этом низким значениям концентрации свинца в воде соответствовали более высокие уровни его содержания в поверхностном слое донных осадков.

Исследования [Михайленко, 2016] показали, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях определяется интенсивностью седиментационных процессов и концентрацион-

ными характеристиками взвесей в отношении тяжелых металлов. С учетом этого обстоятельства нами использовалась следующая формула для оценки потока (П) ежегодного депонирования свинца в донные осадки:

$$П = C_{до} \times S \times v_{sed}, \quad (1)$$

где $C_{до}$ – концентрация металла в поверхностном слое донных отложений (мкг/г); S – площадь рассматриваемой акватории (км^2); v_{sed} – удельная скорость осадконакопления (г/м^2/год).

Результаты расчетов по формуле (1) потоков поступления свинца в донные осадки Таганрогского залива, собственно моря и Керченского пролива представлены на рис. 1в. Элиминация свинца из вод открытой части Азовского моря находилась в пределах 450–2200 т/год, его депонирование в донных осадках Таганрогского залива составляло 20–90 т/год, а в донные отложения Керченского пролива поступало менее 2 т/год. Известно, что основная часть загрязняющих веществ достаточно прочно депонируется в грунтах [Федоров и др., 2015]. Поэтому оценки потоков депонирования загрязняющих веществ в донных отложениях могут с достаточной степенью адекватности характеризовать седиментационное самоочищение вод.

Мы полагали, что мерой интенсивности самоочищения вод может быть оценка периода оборота загрязнителя в водной среде (Т, лет), равная отношению его пула в воде к потоку седиментационного депонирования в толще донных отложений, при стационарности системы «тяжелый металл в морской среде – донные осадки»:

$$Т = C_в Sh_{ср}/П \text{ или } Т = C_в V/ П, \quad (2)$$

где S, V, $h_{ср}$ и $C_в$, соответственно, площадь (км^2), объем (км^3), средняя глубина (м) и концентрация тяжелого металла (мкг/л) в воде анализируемой акватории.

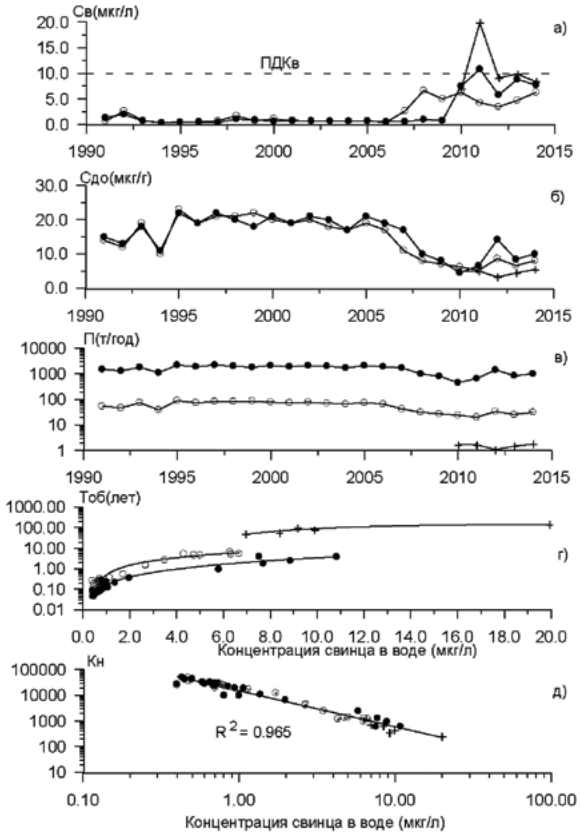


Рис. 1. Геохимические характеристики распределения свинца в открытой части Азовского моря (•), Таганрогского залива (○) и Керченского пролива (+): а) концентрация свинца в воде (мкг/л); б) концентрация свинца в поверхностном слое донных отложений (мкг/г сухой массы); в) поток депонирования свинца в толще донных осадков (т/год); г) период седиментационного оборота свинца в воде (лет); д) зависимость изменения коэффициента накопления свинца донными отложениями от его концентрации в воде

Результаты расчетов по формуле (2) показали, что период седиментационного самоочищения Таганрогского залива от свинца составляет от сотых долей до одного года, открытой части Азовского моря протекает на масштабе 0,1–5 лет, а Керченского пролива на масштабе свыше 10 лет (рис. 1г). На рис. 1г видно, что с увеличением концентрации свинца в морской воде периоды его оборота возрастали. Это свидетельствовало, что фактором, снижающим самоочищающую способность, является сорбционное насыщение свинцом донных осадков. Исследование тренда изменения коэффициента накопления свинца донными отложениями ($К_н = C_{до}/C_в$) от его концентрации в воде показало, что эта зависимость с высокой степенью статистической достоверности (коэффициентом дискриминации $R^2 = 0{,}965$) ложится на прямую линию на графике с логарифмическими масштабами по осям ординат (рис. 1д). Представленные на рис. 1д материалы свидетельствовали, что повышенная интенсивность седиментационного самоочищения вод при низких концентрациях свинца в воде обеспечивалась высокой (при $К_н > n \times 10^4$ единиц) концентрирующей способностью донных отложений. С увеличением степени загрязнения вод свинцом до 10 мкг/л величина $К_н$ снижалась более чем на два порядка величин и, соответственно, уменьшался вклад седиментационных процессов в самоочищение вод.

Анализ скорости осадконакопления и содержания свинца в донных осадках показал, что седиментационные процессы протекают на сезонных и годовых масштабах времени и потоки депонирования тяжелых металлов в грунтах являются значимыми факторами седиментационного самоочищения вод. Поэтому оценки потоков депонирования тяжелых металлов в донные отложения могут использоваться для целей экологического нормирования. Практической задачей такого нормирования, очевидно, является установление закономерностей между концентрацией тяжелых металлов в донных отложениях в зависимости от их концентрации в воде, а также в зависимости от интенсивности потоков седиментационного самоочищения вод. При ее решении можно из условия стационарности системы «тяжелый металл в воде – тяжелый металл в донных отложениях» определять потоки депонирования загрязняющих веществ в донные осадки, при которых их концентрация в воде не превысит $ПДК_в$.

Выше было показано (рис. 1б), что интенсивность потоков седиментационного самоочищения вод уменьшалась с увеличением концентрации свинца в воде, что было обусловлено сорбционными свойствами донных отложений. Было установлено, что зависимости между коэффициентами накопления свинца в донных осадках ($К_н$) и его концентрацией в воде ($C_в$) адекватно описывались уравнением прямой на графике с логарифмическим масштабом по осям ординат. Это указывает, что процессы сорбционного взаимодействия донных осадков с растворенным в воде свинцом описываются степенной функцией Фрейндлиха. В линейных масштабах степенная функция имеет вид:

$$К_н = C_{до}/C_в = AC_в^{-B}, \quad (3)$$

где A – коэффициент, B – показатель степени (л/мкг). Очевидно, что для целей экологического нормирования необходимо знать величину $К_н$ при $C_в = ПДК_в$. Выразив из соотношения (3) величину $C_{до}$ и подставив ее в соотношение (1) при $C_в = ПДК_в$, получим выражение для оценки предельно допустимых потоков (П) поступления тяжелых металлов в акватории при условии, что $C_в$ не должно превышать $ПДК_в$

$$П = ПДК_в S v_{sed} A\ (ПДК_в)^{-B}. \quad (4)$$

Результаты вычисления предельно допустимого потока свинца в разные части Азовского моря при условии соблюдения санитарно-гигиенических требований к загрязнению вод приведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценки предельно допустимого потока свинца в Азовское море

Металл	Параметры уравнения Фрейндлиха		$ПДК_в$, мкг/л	Расчетные значения $К_н$	Предельно допустимые потоки, т/год			
	A	B			I бокс	II бокс	III бокс	сумма
Pb	15 000,0	–1,40	10,0	597	234	598	20,15	852,15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Азовское море. Т. 5. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. 234 с.

Клёнкин А.А., Павленко Л.Ф., и др. Биогенные углеводороды и их влияние на оценку нефтяного загрязнения Азовского моря // *Водные ресурсы*. 2010. Т. 37. № 5. С. 605–611.

Михайленко А.В. *Тяжелые металлы в абиотических компонентах ландшафта Азовского моря*: дис. … канд. геогр. наук. Ростов н/Д: Южный федеральный университет, 2016. 200 с.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения / Приказ Росрыболовства № 20 от 18.01.2010.

Сорокина В.В. *Особенности терригенного осадконакопления в Азовском море во второй половине XX века*: дис. … канд. геогр. наук. Ростов н/Д: Ростовский государственный университет, 2006. 216 с.

Федоров Ю.А., Доценко И.В., Михайленко А.В. Поведение тяжелых металлов в воде Азовского моря во время ветровой активности // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.* 2015. № 3. С. 108–112.

Экологический атлас Азовского моря / Г.Г. Матишов (ред.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. С. 90–91.

Warmer H., van Dokkum R. *Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001.* Lelystad: RIZA report, 2002. 77 p.

ВЫЯВЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ РАЙОНОВ НЕГАТИВНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ХОДЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОНТАКТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

П.С. Ващенко[1], Д.В. Моисеев[1]

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия

В 2016 году городу Мурманску исполняется 100 лет. Мурманск является крупнейшим, с населением около 300 тыс. человек, городом-портом, расположенным на побережье Баренцева моря в Кольском заливе. Поэтому район Мурманска, безусловно, является наиболее интересным объектом в береговой зоне Баренцева моря для выявления ключевых районов негативных социально-экономических процессов в ходе экспедиционных контактных наблюдений и при обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Районирование ПЗ по видам береговой инфраструктуры. В пределах рассматриваемого района отсутствуют ландшафты, используемые для сельскохозяйственной деятельности. Основная хозяйственная деятельность на рассматриваемой территории локализована в пределах береговой полосы. Наиболее характерными объектами данной инфраструктуры являются: гидротехнические сооружения (причальные сооружения, мосты) и портовые сооружения, а также крупные суда.

Выбор объектов/полигонов для последующего контактного мониторинга. В качестве основных объектов для мониторинга в Кольском заливе в районе Мурманска были выбраны следующие социально-экономически значимые объекты (рис. 1):

– рейдовый перегрузочный комплекс «Белокаменка»;

– территория ФГУП «Атомфлот»;

– Мурманский морской торговый порт (ММТП) с Угольным терминалом;

– производственная площадка Reinertsen НВР на западном берегу Кольского залива в районе Абрам-Мыса;

– мост через Кольский залив.

Каждый из указанных объектов, помимо социально-экономической значимости, представляет интерес как источник потенциальной техногенной опасности, в связи с этим необходимы инструменты мониторинга таких объектов. Разрабатываемая база данных и ГИС - инструменты могут быть использованы для мониторинговых целей.

Получение и дешифрирование спутниковых данных из компонента «ОДДЗЗ». Для подготовки картосхем в качестве базовых слоев картографической основы использовались материалы Open Street Map, находящиеся в открытом доступе в сети Интернет [Gis-Lab, 2016]:

1. Landsat (общее количество снимков – 115, из них из-за проблем с привязкой доступно для использования 102, с 1973 г.) в формате GeoTIFF [USGS, 2016].

2. Материалы, предоставленные государственной корпорацией «Роскосмос» (монохромный снимок, за 2015 г.) в формате GeoTIFF.

Проведение контактного мониторинга береговой инфраструктуры и социально-экономических процессов в ПЗ ББАЧм. Контактные данные представляют собой архив фотоснимков за период с 1970-х гг. по июнь 2016 г. В базу данных вошло свыше 100 фотоснимков. Собранный массив снимков организован в виде базы данных, реализованной в Microsoft Access. В структуре базы данных имеются следующие поля:

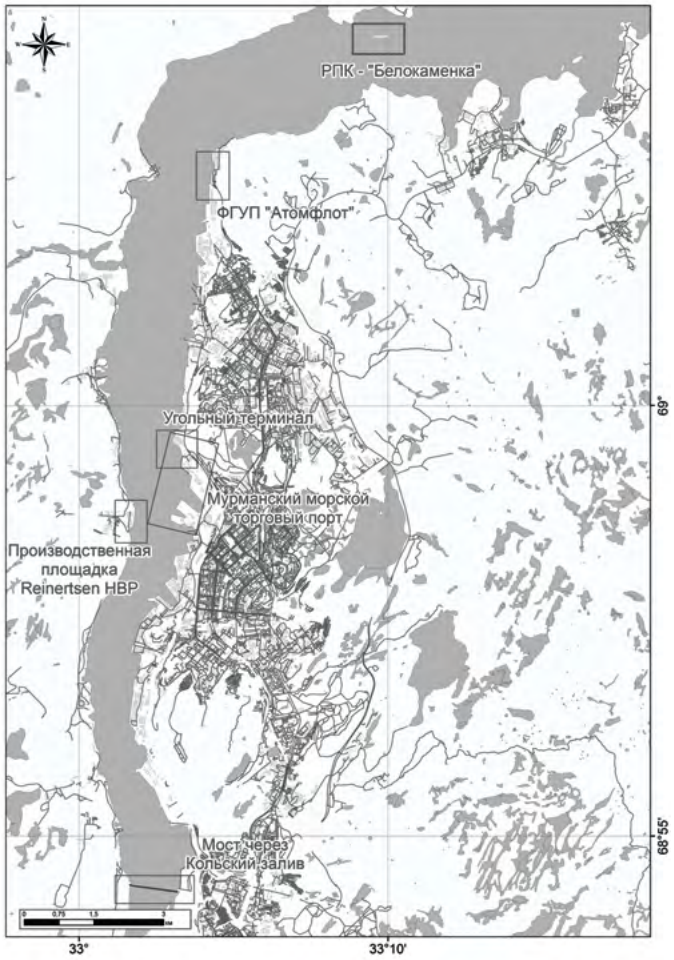


Рис. 1. Расположение объектов в Кольском заливе в районе Мурманска

1. Object ID – обязательное поле в структуре базы данных, необходимое для ее работы. По сути, является порядковым номером для каждой строки в базе данных, формируется автоматически при создании таблицы в Access.

2. Имя снимка – поле, хранящее сведения об имени файла фотоснимка. Используется для удобства ориентирования в массиве точек съемки на карте.

3. Дата – поле сведений о дате снимка. При накоплении большого массива информации данные о дате съемки позволяют отслеживать изменения рассматриваемых объектов в течение времени.

4. Время – поля, хранящие сведения о времени съемки.

5. Широта «N» и Долгота «E» – поля, хранящие пространственные координаты точки съемки. К сожалению, в связи с тем, что восстановить точные координаты для каждого из снимков невозможно (используемая техника не была снабжена модулем GPS), координаты установлены по карте произвольно (но в максимальной близости от объекта съемки). Это поле в базе данных необходимо для отображения фотоснимков в ГИС.

6. Расположение файла – поле, хранящее сведения о расположении файла на носителе данных (например, на жестком диске), позволяет открыть любой конкретный снимок, в том числе и в среде ArcGIS.

Представление данных на картографической основе в ГИС для совмещения, сопоставления и совместного анализа получаемых контактных данных с данными ДЗЗ. Все представленные материалы (картосхема района, спутниковые снимки и фотоснимки социально-экономически значимых объектов) собраны в одном ГИС-проекте, реализованном на базе ArcGIS 10.2 компании ESRI.

Объединение данных спутникового и контактного мониторинга в базу геоданных на основе ГИС. В ГИС-проекте имеется модуль для отображения фотоснимков непосредственно в среде ГИС. При нажатии на точку съемки открывается всплывающее окно (рис. 2а), отображающее фотоснимок, сделанный в данной точке, а также иметь возможность просматривать метаданные, относящиеся к конкретному снимку. Данный модуль был разработан на языке VBA (Visual Basic for Application) для обеспечения возможности одновременной работы с данными дистанционного зондирования на основе спутниковых снимков и материалами наземной съемки в непосредственной близости от рассматриваемых объектов.

Окно просмотра фотоснимков (рис. 2) разделено на две части – область просмотра изображения (фотографии) и область метаданных (сведения о снимке). Для удобства работы имеются инструменты масштабирования снимка, его печати и подсветки на карте положения точки, в которой произведен снимок. Разработанная база данных и ГИС-проект позволяют оперативно отслеживать изменения социально-экономически значимых объектов, интегрировать эти данные с любыми другими пространственными данными.

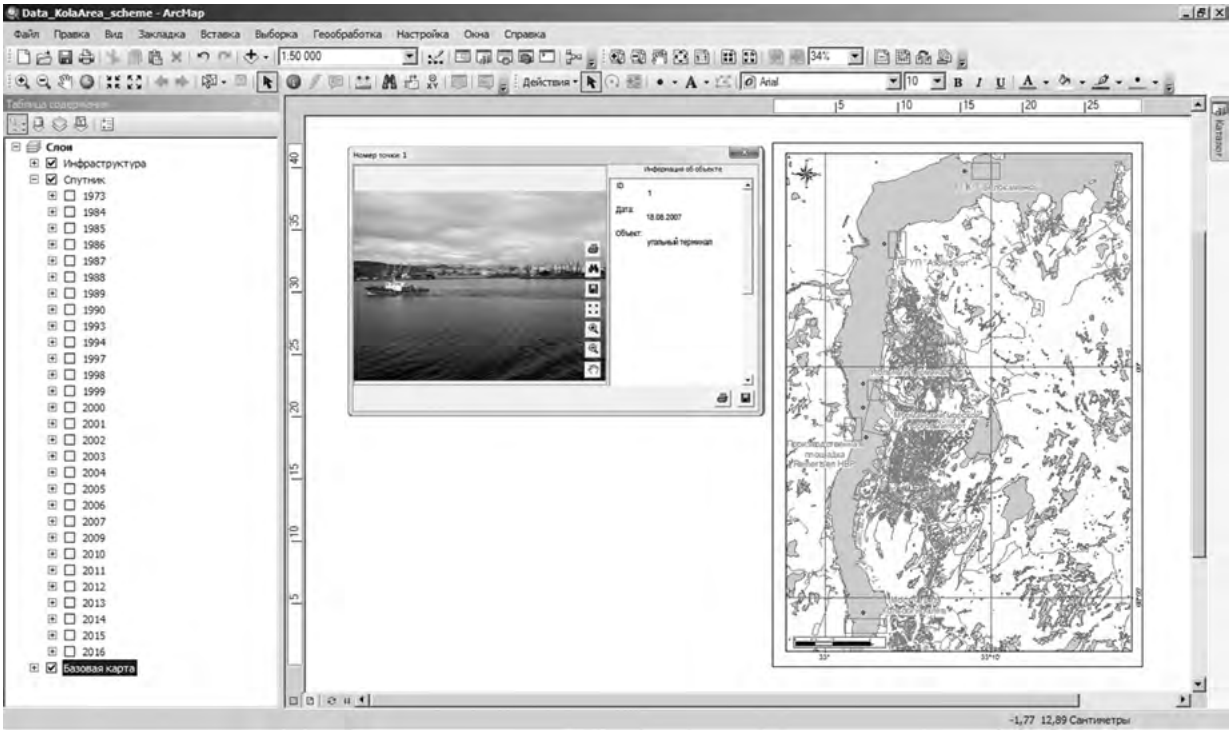


Рис. 2. Интерфейс ГИС-проекта, использованного для Мониторинга социально-экономических процессов в береговой зоне Баренцева и Белого морей
Примечания: а (в центре) – фотоснимки социально значимых промышленных объектов, открытые при помощи модуля в отдельных окнах; б (справа) – картосхема расположения точек съемки.

Исследование территории с помощью разновременных спутниковых снимков. Подготовлено в общей сложности 115 картосхем расположения социально-экономически значимых объектов, расположенных в береговой зоне Кольского залива (Баренцево море) в период с 1973 по 2016 г. Масштаб картосхем для Кольского залива составляет 1:50 000.

Рассмотрим временную динамику социально-экономических процессов для каждого из выявленных районов.

Рейдовый перегрузочный комплекс «Белокаменка». 14 февраля 2004 г. выполнена сложная операция по проводке и постановке на РПК-3 танкера «Белокаменка» дедвейтом 360 000 т. Длина танкера – 340,5 м, ширина – 65 м, высота борта – 31,5 м. Такие размеры позволяют обнаруживать танкер на спутниковых снимках Landsat. Танкер «Белокаменка» самый крупный танкер под российским флагом, который использовался с 2004 по 2015 г. в составе РПК-3 в качестве танкера-накопителя для приема и хранения нефти. Расчетная мощность РПК-3 по перевалке нефти – 6 млн т [Корабел.ру, 16.02.2004].

В ноябре 2015 г. танкер «Белокаменка» покинул акваторию Кольского залива. Закончился контракт с собственником этого однокорпусного танкера норвежской компанией Bergesen d.y. ASA, где он назывался "Berge Pioneer". На смену «Белокаменке» ООО «Норд» в середине января 2016 г. установило новый РПК – танкер-накопитель «Умба», дедвейтом 300 259 т [ПортНьюс, 18.01.2016].

Территория ФГУП «Атомфлот». ФГУП «Атомфлот» предназначено для обеспечения эксплуатации и технологического обслуживания атомных ледоколов и судов вспомогательного флота. База судов расположена в городе Мурманске. Всего на атомных ледоколах, атомном лихтеровозе, судах АТО, находящихся на базе Атомфлота, работает около 1000 человек.

Базой ремонта и обслуживания атомного ледокольного флота является береговая промышленная структура предприятия «Атомфлот». *ФГУП «Атомфлот» расположен в двух километрах от северной границы города Мурманска и занимает территорию 17,2 га. Часть тер-*

ритории образована путем отсыпки скальными породами акватории Кольского залива в ходе строительства в 1970–1980 гг.

Мурманский морской торговый порт (ММТП) с Угольным терминалом. Мурманский морской торговый порт был основан в 1915 г. Сразу же после своего основания незамерзающий Мурманский порт приобрел для страны стратегическое значение и стал одним из основных российских портов, обеспечивающих внешнеторговые операции. ОАО «Мурманский морской торговый порт» располагает для работы семнадцатью причалами общей протяженностью около 3000 м. Длина и глубины у причалов позволяют принимать и ставить под грузовые операции суда с осадкой до 15,5 м, длиной более 265 м и дедвейтом до 150 000 т.

В 2001 г. ЛенморНИИпроект разработал в рамках развития транспортного узла проект угольного терминала, оборудованного вагоноопрокидывателем, который должен был возникнуть на вновь построенном причале № 21.

Угольный терминал ММТП расположен в центре Мурманска. Объемы перевалки угля открытым способом растут стремительными темпами. При этом вокруг порта отсутствует санитарно-защитная зона. При сильном западном ветре Мурманск накрывает угольной пылью. В зимнее время снег в городе имеет не белый, а серый цвет. Для борьбы с пылью на территории ММТП установлены водяные пушки.

Производственная площадка Reinertsen НВР на западном берегу Кольского залива в районе Абрам-Мыса. Цеха Рейнертсен поставляют готовые модули и их части, как для верхних строений платформ, так и для подводных строений и их компонентов. Помимо всего прочего, в цехах имеется возможность изготавливать крупногабаритные модули нефтяных платформ.

Компания Рейнертсен НВР основана в г. Мурманске в 2005 г. Мурманская производственная площадка расположена непосредственно у причальной линии в районе Абрам-Мыса, на противолежащем берегу от центра г. Мурманска. Общая площадь застройки: 55 000 м^2. Площадь цеха: 15 000 м^2. Площадь склада: 1000 м^2. Административно-служебные помещения: 2000 м^2. Компания обеспечила рабочими местами более 500 человек.

Мост через Кольский залив. Мост через Кольский залив в городе Мурманске – четырехполосный автомобильный мостовой переход. Общая длина моста составляет примерно 2,5 км, а его надводной части – 1,6 км. Мост является автотранспортным узлом, обеспечивающим автомобильную связь Мурманска с западными районами Мурманской области, а также с Норвегией, Финляндией. Его строительство велось в 1992–2004 гг. при долевом участии федерального бюджета. Мост был открыт 11 октября 2005 года.

Работа выполнялась в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», проекта «Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных» (Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI60714X0059, Соглашение №14.607.21.0059).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

OpenStreetMap: данные по регионам РФ в форматах shape и OSM XML // *GIS-Lab: Географические информационные системы и дистанционное зондирование*. URL: http://gis-lab.info/projects/osm-export.html (дата обращения: 01.08.2016).

USGS LandsatLook Viewer. URL: http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html (дата обращения: 01.08.2016).

Новый рейдовый перегрузочный комплекс в Мурманском торговом порту // *Корабел.ру: информационный морской журнал*. 16.02.2004. URL: http://www.korabel.ru/news/comments/noviy_reydoviy_peregruzochniy_kompleks_v_murmanskom_torgovom_portu.htm (дата обращения: 01.08.2016).

На РПК «Норд» в порту Мурманск установлен танкер-накопитель «Умба» // *Медиа-группа «ПортНьюс»*. 18.01.2016. URL: http://portnews.ru/news/213011 (дата обращения: 01.08.2016).

К ИЗУЧЕНИЮ ФИТОПЛАНКТОНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

А.Ш. Гасанова[1], К.М. Гусейнов[1], М.К. Гусейнов[2]

[1] Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН, г. Махачкала, Россия
[2] Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

В современной экосистеме Каспийского моря на всех уровнях организации большое значение имеют вселенцы. Бедность флоры и фауны, в совокупности с богатством Каспия биогенными элементами и отсутствием естественных хищников и паразитов, создают благоприятные условия для акклиматизации инвазийных видов.

В настоящее время планктонная альгофлора Каспия формируется в условиях трансгрессии моря и инвазии гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz).

Приоритетное освоение гребневиком обильных кормовых ресурсов Каспия предопределило взрывную численность и биомассу в первые годы его вселения и определяет достаточно высокий уровень его последующего развития. В 1999 г. гребневик освоил Каспийское море. В октябре этого же года его биомасса в отдельных частях акватории достигала 4,6 кг/м^3 при численности до 3000 экз/м^3. Это максимальные показатели развития мнемиопсиса в Каспийском море за все время его обитания.

Прямым следствием хищничества мнемиопсиса стало изменение сезонной динамики развития сообщества зоопланктона, которое за годы присутствия гребневика утратила свой традиционный летний максимум.

Летом 2001 г. в акватории западной части Среднего Каспия гребневик дал колоссальную вспышку численности, что привело к сокращению качественных и количественных показателей сообщества зоопланктона более чем на 90 % [Устарбеков и др., 2008].

Выедание гребневиком зоопланктона в 2001 г. способствовало увеличению количественных показателей сообщества фитопланктона. В этот период средняя биомасса фитопланктона в акватории Среднего Каспия превышала 2 г/м^3, достигая на отдельных станциях почти 16 г/м^3.

Трофический пресс гребневика способствовал возрастанию флористического разнообразия фитопланктона и преобладанию в планктоне кормовых видов. В 2001 г. в акватории дагестанского побережья Каспия зарегистрирован 71 вид фитопланктона, в 2006 г. на прибрежных мелководьях российского сектора Каспийского моря и эстуарных акваториях – 58 видов, в 2008 г. в мористой части российского сектора Каспия – 87 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей. Для сравнения, в «догребневиковые» годы, в 1976 г. на акватории всего Каспия было зарегистрировано 62 вида, в 1983 г. – лишь 37 видов [Каспийское море … 1985].

Полученные многолетние данные по динамике популяции гребневика свидетельствуют о больших межгодовых различиях в ходе изменения его численности, биомассы и размерной структуры [Устарбеков и др., 2008]. По нашим данным, в 2008 г. в акватории Среднего Каспия наблюдалось уменьшение количественных показателей гребневика, а в 2011 г. средняя биомасса мнемиопсиса, по сравнению с этим же периодом 2001 г., снизилась почти в 15 раз. Это привело к уменьшению средней биомассы фитопланктона в 5,5 раз, при этом биомасса синезеленых водорослей снизилась в 478 раз. Одновременно наблюдалась смена доминирующих комплексов. В 2008 г. диатомовые стали играть второстепенную роль. Основу биомассы фитопланктона составляли динофитовые микроводоросли. Синезеленая *Oscillatoria* sp., встречавшаяся в планктоне 2001 г. в огромных количествах, в 2002–2011 гг. существенно снизила количественные показатели.

Кроме того, популяция гребневика является своеобразным депо биогенов. Содержание азота, фосфора, кремния в его теле выше, чем в слое воды, где он обитает [Студеникина и др., 1999]. Учитывая, что гребневик, отмирая, способствует обогащению водной толщи биогенами, можно предположить, что его жизнедеятельность обусловливает в какой-то мере увели-

чение содержания биогенных элементов, что объясняет доминирование в планктоне мелкоклеточных форм и значительное увеличение вегетации в последние годы синезеленых водорослей.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проект № 06-04-96634-р_юг_а «Исследование влияния биологического и химического загрязнения на биоценозы дагестанского района Каспия», проект № 09-04-96579-р_юг_а «Разработка эффективных механизмов защиты экосистемы Среднего Каспия в условиях биоинвазий», проект № 12-04-96513-р_юг_а «Экосистемный мониторинг биологических сообществ бассейна российской акватории Каспия в условиях изменения климата, антропогенного и биологического загрязнения»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность / под ред. Е.А. Яблонской. М.: Наука, 1985. 290 с.

Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. *Фитопланктон Азовского моря*. Ростов н/Д, 1999. 175 с.

Устарбеков А.К., Гусейнов К.М., Гасанова А.Ш. Донные сообщества дагестанского побережья Каспия в условиях трансгрессии моря и инвазии гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) // *Юг России: экология, развитие.* 2008. № 2. С. 99–101.

ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ БАКТЕРИОФАГОВ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ ИЗ ПРОБ ПОВЕРХНОСТНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД, ОТОБРАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

А.В. Горовцов[1], А.А. Зимин[2]

[1] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

[2] Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, г. Пущино, Россия

Введение. Сточные воды городов и реки, протекающие через города, часто являются источником выделения новых бактериофагов для их использования в антибактериальной фаговой терапии [Weber-Dąbrowska et al., 2016]. С этой точки зрения весьма интересно проанализировать фаговую флору водоемов, загрязненных бактериофагами антропогенного происхождения. Фаги, согласно ряду источников, могут дольше сохраняться в пресной и морской воде. На этом основании их можно рассматривать как трассеров бактериальных загрязнений водоемов [Harvey, Ryan, 2004; Flannery et al., 2013]. Исследования разнообразия фагов с этой точки зрения актуальны для характеристики чистоты городских водоемов. Исследования разнообразия фаговой флоры могут расширить методы мониторинга санитарной пригодности водоема для питья, стирки, полива и купания. Приведем несколько существенных пунктов, например, с точки зрения фаговой трансдукции (горизонтального переноса генов (ГПГ) с помощью бактериофагов).

Бактериофаги могут участвовать в распространении различных генов, ответственных за патогенность бактерий. Например, за счет фаговой трансдукции могут распространяться гены токсинов или гены устойчивости к антибиотикам. При этом фаговые частицы, содержащие нормальные геномы таких фагов, могут характеризовать распространение фагов-трансдьюсеров в данной популяции, что будет характеристикой возможностей ГПГ за счет фаговой трансдукции в данном биоценозе [Крылов, 2003; Таняшин и др., 2004; Зимин и др., 2009; Fraser, 1962; Obeng et al., 2016]. Фаги-трансдьюсеры могут быть пищей для моллюсков, устриц, креветок и других фильтрующих водных организмов, что может также повлиять на пути ГПГ в данном водном биоценозе [Burbano-Rosero et al., 2011; Donia et al., 2012; Karunasagar et al., 2013; Mieszkin et al., 2013]. То есть исследование биоразнообразия фаговой компоненты в водоемах с антропогенным воздействием является актуальным и по экологическим, и по медицинским или ветеринарным причинам. Разнообразие фагов на нашей планете огромно (только хвостатых фагов в океане по оценке от 10^{30} до 10^{31}) [Danovaro et al., 2008], и любое выделение фагов, коллекционирование фагов – это обнаружение новых для науки генов, генетических кластеров и новых геномов фагов (бактериальных вирусов). Научная компонента подобных исследований нам кажется также весьма актуальной. У нас была и еще одна причина для выделения фагов из реки Темерник города Ростова-на-Дону. Бактериофаги – это классический объект биологии. Наши современные представления о молекулярных (и других) основах жизни были получены с помощью фагов (в первую очередь фага Т4). Их роль в становлении современной научной картины подтверждается также и тем, что более 14 нобелевских лауреатов работали с фагами. Мы надеемся, что выделенные нами фаги и описываемые методы для их выделения могут послужить целям образования студентов на кафедре биохимии и микробиологии ЮФУ и других учебных учреждений различного профиля города Ростова-на-Дону.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования послужили 2 пробы воды, взятые из р. Темерник в октябре – ноябре 2015 г., а также проба сточных вод, поступающих на очистные сооружения г. Ростова-на-Дону. Пробы воды из р. Темерник отбирались

на двух участках: выше по течению, на территории Щепкинского заказника, и ниже, в районе зоопарка. В обоих случаях отбор проводился при помощи стерильного пробоотборника с глубины 20–30 см на расстоянии 1 м от берега.

Пробы доставлялись в лабораторию, далее проводились высев бактериофагов кишечной палочки и определение их титра по методу Грациа. В качестве чувствительного штамма использовалась *E. coli* ATCC 25922. Для определения титра бактериофага исходную пробу вносили в количестве 20, 50, 100, 200, 500 и 1000 мкл в пробирку с 8 мл расплавленного и охлажденного до 46 °С 0,7 %-ного агара, приготовленного на питательном бульоне с добавлением дрожжевого экстракта. Затем в каждую пробирку вносили 0,1 мл бульонной ночной культуры *E. coli.* Содержимое пробирки перемешивали, после чего быстро выливали на поверхность питательного агара плотностью 1,5 % в чашках Петри. После застывания чашки культивировали при 37 °С в термостате в течение 18–20 ч.

Поскольку изучаемые пробы содержали большое количество нечувствительных к фагу бактерий, предпринимались меры для их устранения. Для этого к аликвоте исходной пробы добавляли соответственно 980, 950, 900, 800, 500 мкл стерильной воды и 100 мкл хлороформа. После интенсивного перемешивания и выдержки в течение часа эппендорфы помещались в стерильный бокс с открытыми крышками, и хлороформ улетучивался. Затем пробы добавлялись к мягкому агару, как описано выше.

Кроме того, использовался метод обогащения с использованием центрифугирования. При этом пробы, доведенные до равного объема, центрифугировали при 8000*g* в течение 20 мин. Такого режима оказывалось вполне достаточно для практически полного осаждения бактерий на дно пробирки, фаги же оставались взвешенными в супернатанте. После остановки центрифуги незамедлительно проводились отбор 500 мкл супернатанта и высев в мягкий агар.

Результаты и их обсуждение. Определение титров бактериофагов показало, что в пробах воды из р. Темерник их число варьировало весьма значительно в зависимости от точки отбора, однако общий титр был достаточно низок. В пробе воды, взятой на территории Щепкинского заказника, их численность составляла 100–150 БОЕ/мл. В пробе воды, взятой в районе зоопарка, титр составлял лишь 4–10 БОЕ/мл. Интересно отметить, что вторая точка расположена ниже по течению реки, и ожидалось получение более высоких титров. Наблюдаемая картина может свидетельствовать о процессах самоочищения в реке и элиминации бактерий-хозяев. В пробе сточных вод, как и ожидалось, бактериофаги обнаруживались в наибольшем количестве, а именно 500–750 БОЕ/мл. В целом, титры бактериофагов кишечной палочки оказались ниже ожидаемых, учитывая, что по литературным данным показатель общей численности колиформных бактерий достигает в устье Темерника 105 КОЕ/мл [Журавлев и др., 2012]. По всей видимости, решающую роль здесь сыграло холодное время года: отбор пробы в районе зоопарка проводился в середине октября, пробы в районе Щепкинского заказника и пробы сточных вод – в конце ноября 2015 г.

На следующем этапе работ проводились описание морфологии негативных колоний и рассев диссоциирующих штаммов для получения однородных культур бактериофагов. Из пробы воды, отобранной в районе зоопарка, было выделено 4 типа бляшек, различавшихся по размерам. В дальнейшем штамм № 1 был утерян, штамм № 2 диссоциировал на бляшки округлой формы диаметром 3 мм (2.1) и бляшки с несколько неправильными контурами диметром 6 мм (2.2). Штамм № 3 также при диссоциации дал бляшки диаметром 3 мм (3.1) и бляшки диаметром 7 мм (3.2). Штамм № 4 диссоциировал на мелкие бляшки 4.1 (2 мм) и четкие бляшки средних размеров 4.2 (4 мм).

В пробе сточных вод были выделены штаммы под номерами 6, 7 и 8, которые также в дальнейшем были разделены на основании формы и диаметра негативных колоний. Штамм № 6 не диссоциировал и давал очень характерные бляшки, достигающие в диаметре 10 мм, с полностью прозрачной центральной зоной диаметром 6 мм и полупрозрачным краем. Штамм № 7 первоначально образовывал бляшки неправильной формы, а затем при рассеве разделился на бляшки с прозрачным центром диаметром 6–7 мм (7.1), и бляшки однородные по всей площади

диаметром 4 мм (7.2). Штамм № 8 дал очень мелкие бляшки до 1 мм в диаметре (8.1) и чуть более крупные бляшки до 3 мм (8.2).

Штаммы, выделенные из пробы воды, отобранной в районе Щепкинского заказника, отличались наибольшим разнообразием. Первично было выделено 4 морфологически различающихся типа негативных колоний (№ 9, 10, 11, 12). Штамм № 9 давал четко очерченные бляшки диаметром 3 мм и не диссоциировал. Штамм № 10 образовывал колонии диаметром 5–6 мм с 2-мм центральной зоной и также не диссоциировал. Штамм № 11 давал два типа негативных колоний – диаметром 5–6 мм (11.1) и 3–4 мм (11.2). Штамм № 12 диссоциировал на бляшки диметром 3 мм (12.1) и 7 мм (12.2).

Таким образом, разнообразие фагов кишечной палочки достаточно широко. Выделенные фаги, по-видимому, могут принадлежать к семействам Т4 (бляшки 1–3 мм, штаммы 2.1, 3.1, 4.1, 8.1, 8.2, 9, 12.1), а также к семействам Т3 и Т7 (бляшки 6–10 мм, штаммы 2.2, 3.2, 6, 7.1, 10, 11.1, 12.2). Бактериофагов семейства Т1, образующих очень крупные, склонные к неограниченному росту негативные колонии, выявлено не было.

В ходе выделения бактериофагов из природной среды был получен важный в практическом отношении методический опыт. Так, сочетание обработки пробы хлороформом с центрифугированием позволяло получить наименьшее количество контаминирующих микроорганизмов при первичном высеве. В случае одной только обработки хлороформом часто высевались представители р. *Bacillus,* что, по-видимому, связано с относительной устойчивостью их эндоспор к обработке данным агентом. Центрифугирование после обработки хлороформом позволяло перевести споры на дно пробирки, откуда, учитывая их неподвижность, они не попадали в отбираемый супернатант. Центрифугирование необработанной хлороформом пробы не приводило к эффективному удалению посторонних бактерий, что связано с их подвижностью и возвращением в супернатант сразу же после остановки ротора. Тем не менее, их число значительно снижалось. Модификации данного метода могут быть до некоторой степени полезны для выделения хлороформ-неустойчивых фагов без применения ультрафильтрации.

Также хорошие результаты были получены при использовании штамма ATCC 25922 модифицированной плазмидой pGLO (рис. 1). Данный вектор кодирует устойчивость к ампициллину, и при наличии в среде арабинозы запускается экспрессия белка GFP.

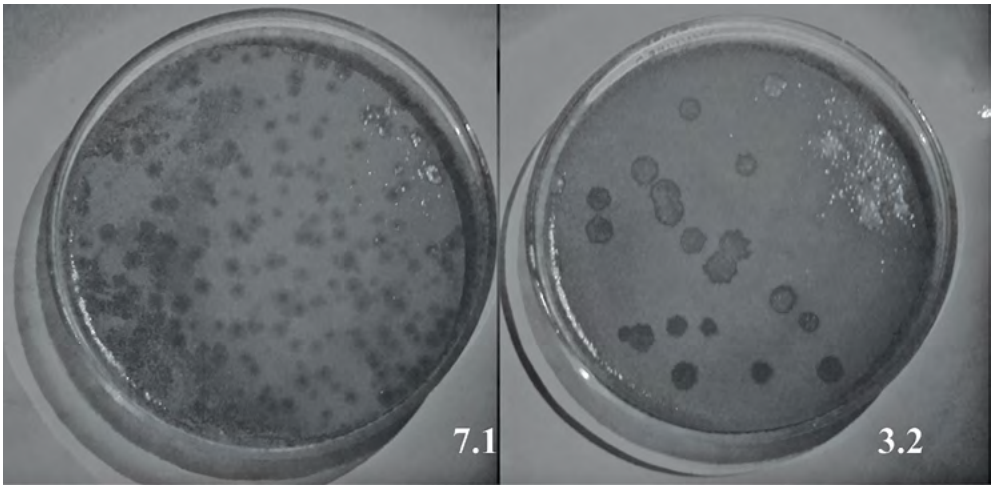


Рис. 1. Негативные колонии бактериофагов, полученные при использовании штамма *E. coli* с экспрессированным GFP

Резистентность к ампициллину позволяет снизить число контаминирующих микроорганизмов при добавлении его к среде. GFP-белок позволяет получать очень контрастные и четкие снимки негативных колоний фагов, при облучении чашек светом с длиной волны 395 нм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Журавлев П.В., и др. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона // *Гигиена и санитария*. 2012. № 4.

Зимин А.А., Васильева Е.Л., и др. Исследование трансдукции плазмид бактериофагами Т4-типа // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2009. Т. 114. Вып. 3. Приложение 1, часть 1 «Экология, Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды». С. 330–337.

Крылов В.М. Роль горизонтального переноса генов бактериофагами в возникновении патогенных бактерий // *Генетика.* 2003. Т. 39. № 5. С. 595–620.

Таняшин В.И., Зимин А.А., Боронин А.М. Котрансдукция плазмид системы рЕТ мутантами бактериофагов Т4 и RB43 // *Микробиология*. 2003. Т. 72. № 6. С. 785–791.

Burbano-Rosero E.M., Ueda-Ito M., et al. Diversity of somatic coliphages in coastal regions with different levels of anthropogenic activity in Sao Paulo State, Brazil. *Applied and environmental microbiology.* 2011. Vol. 77(12). P. 4208–4216.

Danovaro R., Dell'Anno A., et al. Major viral impact on the functioning of benthic deep-sea ecosystems. *Nature*. 2008. Vol. 454(7208). P. 1084–1087.

Donia D., Dell'Amico M.C., et al. Presence of hepatitis E RNA in mussels used as bio-monitors of viral marine pollution. *Journal of virological methods.* 2012. Vol. 186(1). P. 198–202.

Flannery J., Keaveney S., et al. Norovirus and FRNA bacteriophage determined by RT-qPCR and infectious FRNA bacteriophage in wastewater and oysters. *Water research*. 2013. Vol. 47(14). P. 5222–5231.

Fraser D.K. Properties and origin of the transducing particles in low frequency transduction by bacteriophage λ. Virology. 1962. Vol. 17(3). P. 397–410.

Harvey R.W., Ryan J.N. Use of PRD1 bacteriophage in groundwater viral transport, inactivation, and attachment studies. *FEMS microbiology ecology*. 2004. Vol. 49(1). P. 3–16.

Karunasagar I., Girisha S.K., et al. Bacteriophage application as a management strategy in shrimp hatcheries. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci*. 2013. Vol. 78(4). P. 204–205.

Mieszkin S., Caprais M.P., et al. Identification of the origin of faecal contamination in estuarine oysters using Bacteroidales and F-specific RNA bacteriophage markers. *Journal of applied microbiology*. 2013. Vol. 115(3). P. 897–907.

Obeng N., Pratama A.A., van Elsas J.D. The significance of mutualistic phages for bacterial ecology and evolution. *Trends in microbiology.* 2016. Vol. 24(6). P. 440–449.

Weber-Dąbrowska B., Jończyk-Matysiak E., et al. Bacteriophage Procurement for Therapeutic Purposes. *Frontiers in Microbiology.* 2016. Vol. 7. P. 1177. URL: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2016.01177/full

К ВОПРОСУ О КОНЦЕПЦИИ ЛОКАЛЬНОГО ОБВОДНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

Е.А. Гунаев

Калмыцкий институт гуманитарных исследований РАН, г. Элиста, Россия
gunaevea@kigiran.com

Республика Калмыкия является одним из наиболее экстремальных для проживания и ведения хозяйственной деятельности регионов России. Эта экстремальность обуславливается, прежде всего, географическим положением республики в аридной и семиаридной зонах Северо-Западного Прикаспия. Для нее характерны плоские формы рельефа, почти полное отсутствие естественной гидрографической сети и повышенная минерализация почв, поверхностных и подземных вод, обусловленная колебаниями уровня Каспийского моря. Республика является вододефицитным регионом, используемые на территории республики водные ресурсы по своим качественным параметрам не соответствуют медико-биологическим нормам [Бадмаева, Иджаева, 2015, с. 134–135].

Показатель обеспеченности населения регионов Северо-Западного Прикаспия (Астраханской области, Республики Калмыкия, Республики Дагестан) централизованным водоснабжением в последние десятилетия находится на одном и том же уровне и составляет в среднем 40–60 %. При этом показатель потребления воды на душу населения из года в год снижается, о чем свидетельствует отсутствие реконструкции действующих водопроводов и ввода новых систем в строй [Габунщина, 2013, с. 197].

В Республике Калмыкия водоснабжение населения обеспечивается различными групповыми, локальными централизованными и децентрализованными источниками. Общее число источников водоснабжения за период 2011–2012 гг. и истекший период 2014 года не изменилось и составляет 52, из них – 8 поверхностных: р. Волга, Красинское и Чограйское водохранилища, каналы Право-Егорлыкской, Черноземельской, Каспийской, Сарпинской оросительных систем и Калмыцко-Астраханской рисовой оросительной системы, и 44 подземных, в основном из водоносных горизонтов Ергенинской возвышенности [Доклад … 2014].

Централизованным и смешанным питьевым водоснабжением обеспечены 45 населенных пунктов Республики Калмыкия, в которых проживает 70,2 % населения республики. Население 143 населенных пунктов (60,4 тыс. чел., или 20,5 % в 5 сельских районах) обеспечивается привозной водой, которая доставляется специальным автомобильным и железнодорожным транспортом.

Среднее удельное водопотребление на одного сельского жителя составляет 42 л/сутки при гигиенической нормативной потребности 125–160 л/сутки, в отдельных районах лишь 7,5–10 л/сутки (Яшкульский, Ики-Бурульский, Черноземельский).

Питьевая вода, потребляемая населением в 141 населенном пункте (223,14 тыс. человек, или 77, 8% населения республики), признана доброкачественной. Однако 22,2 % населения республики обеспечивается водой ненадлежащего качества, не отвечающей санитарным требованиям из-за высокой минерализации от 0,6–10 г/л, повышенного содержания сульфатов, хлоридов, солей железа и жесткости в пределах 10–12 мг-экв/л [Доклад … 2014].

На состояние обеспечения населения республики питьевой водой в значительной степени оказывают влияние:

– техническая изношенность централизованных систем водоснабжения и водоотведения (85 %);
– отсутствие необходимого комплекса очистных сооружений;
– устаревшие методы обработки;
– снижение дебитов воды в шахтных колодцах и артезианских скважинах [Доклад … 2014].

В Сарпинском, Кетченеровском, Целинном, Приютненском, а также на большей части Малодербетовского, Ики-Бурульского, Яшалтинского и Городовиковского районов малые реки и подпитываемые ими подземные воды являются одним их основных источников хозпитьевого водоснабжения для проживающего в этих районах населения. Их сток используется для водопоя скота, малого орошения, рыборазведения и в рекреационных целях. Всего из этих объектов для водохозяйственных целей республики ежегодно используется около 50 млн м^3.

Для хозяйственно-бытовых и питьевых нужд население трех районных центров (с. Яшалта, п. Большой Царын, п. Яшкуль) и поселков Адык, Сарул Черноземельского района используют воду из оросительно-обводнительных каналов.

С целью улучшения обеспечения населения республики водой питьевого и хозяйственно-бытового назначения реализуется Государственная программа «Повышение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, развитие инфраструктуры жилищно-коммунального комплекса Республики Калмыкия на 2013–2017 годы», утвержденная постановлением Правительства РК от 11 июля 2013 г. № 339 [Доклад … 2014].

Главным потребителем воды является мелиоративная отрасль. Качественный состав поливной воды является важнейшим показателем устойчивости экологической системы. В Калмыкии же из 54 тыс. га регулярно орошаемых земель около половины поливается водой неудовлетворительного как по общей минерализации, так и по химическому составу качества (подробнее: [Кадаева, 2013, с. 160–161]).

Уровень обеспеченности населения водой составляет всего $^1/_3$ от потребности. Дефицит в питьевой воде в настоящее время является острой социальной проблемой, до 43 % населения республики ежегодно испытывают нехватку воды. Фактическое водопотребление в среднем по республике – 94,7 л на человека в сутки, в том числе в райцентрах – 42,1 л, в г. Элисте – 131,6 л. Особенно низкое водопотребление в сельской местности, которое достигает 25 л в сутки, что также гораздо ниже среднероссийского уровня, гигиенический норматив составляет 120–150 л в сутки [Намруева, 2014, с. 226–227].

Недостаточное водообеспечение является одним из сдерживающих факторов социально-экономического развития Калмыкии. Решить эти проблемы призвана новая Концепция водной системы региона (подробнее см.: [Намруева, 2014, с. 227–229]). Пока только разрабатывается технико-экономическое обоснование проекта данной Концепции. Оно осуществляется во исполнение поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина от 30 апреля 2014 г. № Пр-973 и во взаимодействии с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Институтом водных проблем Российской академии наук [Распоряжение … 2014].

Одним из замыслов разработчиков предлагалось решить водную проблему республики с помощью системы каналов, проложенных по древнему руслу Волги (подробнее см.: [Дженгуров, 2013; Серенко, 2014; Концепция … 2015; Умиралиева, 2015]. Однако данный проект был отвергнут учеными как «вариант слишком нереальный и с точки зрения распределения воды, и с точки зрения финансовых затрат» [Мельников, 2015; Ученые … 2015]. В итоге Калмыкию решено обводнять альтернативным, менее затратным, но, как считают эксперты, достаточно эффективным способом. Необходимо провести ремонт всех открытых каналов на территории республики, которые были построены еще в советское время, и реанимировать закрытые трубопроводы, по которым раньше подавалась вода из Волгоградского водохранилища. Также нужно восстановить Юстинский и Ики-Бурульский водоводы, провести дополнительную разведку подземных источников и обводнять поселки с помощью артезианских скважин. А там, где необходимо, устанавливать опреснительные установки [Мельников, 2016].

Необходимо отметить, что в рамках Государственной программы Республики Калмыкия «Повышение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, развитие инфраструктуры жилищно-коммунального комплекса Республики Калмыкия на 2013–2020 годы» действуют подпрограммы – «Локальное водоснабжение» и «Доступность питьевого водоснабжения» (Постановление 2013 № 339). В рамках Государственной программы республики «Охрана окружающей среды на 2013–2020 годы» реализуется подпрограмма «Развитие

водохозяйственного комплекса Республики Калмыкия на 2014–2020 годы» (Постановление 2013 № 275).

В заключение отмечаем, что водообеспечение и водоснабжение в Калмыкии в первые десятилетия XXI в. продолжают оставаться одними из насущных проблем региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бадмаева Н.В., Иджаева Б.В. Экологические проблемы степного региона в оценке населения (на примере Калмыкии) // *Степи Северной Евразии*: мат-лы VII междунар. симпозиума / под науч. ред. чл.-корр. РАН А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН; Печатный дом «Димур», 2015. С. 134–136.

Габунщина Э.Б. Проблемы водоснабжения Северо-Западного Прикаспия // *Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН*. 2011. № 1. С. 197–199.

Дженгуров Б. По древнему руслу Волги // *Аргументы Калмыкии.* 11.10.2013. URL: http://argumentyrk.ru/news/economy/2013/10/11/по-древнему-руслу-волги

Доклад об экологической ситуации на территории Республики Калмыкия в 2014 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Калмыкия. Элиста, 2015. 105 с. (С. 15–17).

Кадаева А.Г. К вопросу о качестве оросительных вод в Калмыкии // *Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН*. 2013. № 1. С. 160–162.

Концепция локального обводнения Калмыкии будет представлена Президенту РФ // *Вода России. Федеральный информационный портал*. 01.02.2015. URL: http://voda.org.ru/clean_waterside/show/1292

Мельников Р. Средство от жажды. В Калмыкии хотят найти 200 миллиардов рублей, чтобы повернуть Волгу // *Российская газета. Экономика Юга России*. № 6670(0). 12.05.2015. URL: https://rg.ru/2015/05/12/reg-ufo/volga.html

Мельников Р. 200 литров – каждому. Чтобы пустить в Калмыкию большую воду, Волгу решили не поворачивать // *Российская газета. Экономика Юга России*. № 6972(104). 17.05.2016. URL: https://rg.ru/2016/05/17/reg-ufo/obvodnenie-kalmykii-potrebuetsia-bolee-29-milliardov-rublej.html

Намруева Л.В. О Концепции развития водной системы Калмыкии // *Современные тенденции регионального развития: баланс экономики и экологии*: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. (25–26 ноября 2014 г.). Махачкала: ИСЭИ ДНЦ РАН, 2014. С. 226–230.

Постановление Правительства Республики Калмыкия «О государственной программе "Повышение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, развитие инфраструктуры жилищно-коммунального комплекса Республики Калмыкия на 2013–2020 годы"» от 11.07.2013 № 339 (ред. от 08.07.2015) // СПС «Консультант Плюс». URL: http://www.consultant.ru

Постановление Правительства Республики Калмыкия «О Государственной программе Республики Калмыкия "Охрана окружающей среды на 2013–2020 годы"» от 06.06.2013 № 275 (ред. от 29.12.2015) // СПС «Консультант Плюс». URL: http://www.consultant.ru

Распоряжение Правительства Республики Калмыкия «О создании межведомственной рабочей группы по разработке технико-экономического обоснования проекта Концепции водной системы на территории Республики Калмыкия» от 22.05.2014 № 159-р (ред. от 05.06.2014) // СПС «Консультант Плюс». URL: http://www.consultant.ru

Серенко А. Из Калмыкии хотят сделать Венецию. Власти Степной республики задумали пустить Волгу по старому руслу // *Независимая газета*. 24.06.2014. URL: http://www.ng.ru/regions/2014-06-24/1_kalmykia.html

Умиралиева Н. Предложена Концепция локального обводнения Калмыкии // *Информационный портал Калмыкии*. 29.01.2015. URL: http://vkalmykii.com/predlozhena-kontseptsiya-lokalnogo-obvodneniya-kalmykii

Ученые: Калмыкия рискует превратиться в пустыню // *Вести.ру.* 23.05.2015. URL: http://www.vesti.ru/videos/show/vid/645798/cid/3321

БИОЦЕНОЗ *Pontogammarus maeoticus* ДАГЕСТАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЯ

К.М. Гусейнов[1], М.К. Гусейнов[2]

[1] Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН, г. Махачкала, Россия
[2] Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

В весенне-летний период ценоз понтогаммаруса, со 100 %-ной встречаемостью доминанта, ограничен узким биотопом сублиторали открытого песчано-ракушечного мелководья. Сопутствующие формы ценоза представлены единичными, изредка попадающимися особями остракоды *Cyprides litoralis*, усоногого рака *B. improvisus*, поселяющегося на пустых раковинах двустворчатых моллюсков, кумового рачка *Stenocuma tenuicauda*, а также многощетинкового червя *Nereis diversicolor*.

В осенне-зимний период, с понижением температуры воды до 10–12 °С, понтогаммарус меняет летний биотоп на более глубокий сублиторальный, где и зимует на глубине 3–6 м. Его ценоз качественно обогащается десятью видами беспозвоночных: моллюски – *Abra ovata* и *Cerastoderma lamarcki*, несколько видов кумовых рачков, мизид, декопод и других животных. Особо следует отметить, что зимой при температуре 1,5–3,5 °С на глубине 4–5 м в составе ценоза понтогаммаруса найдены особи рачка *Pseudalibrotus platyceras*, обычно обитающего в холодных глубоководных районах моря.

Сопутствующими видами ценоза понтогаммаруса могут быть и представители микрофауны, особенно из среды интерстициального населения, которое еще недостаточно изучено.

Наблюдения, проведенные в последние годы за развитием этого ценоза на разрезе для мониторинга в районе «7-Карамана», показали, что в период с 1995 до 2001 г. ценоз понтогаммаруса у берега почти полностью исчез. Этому способствовало постепенное разрушение береговых «стен» из битой ракуши под воздействием подъема уровня моря, в результате чего фауна прибрежья покрывается мощными донными осадками. Со стабилизацией уровня моря ценоз понтогаммаруса вновь восстанавливается. Средняя биомасса этого вида в исследованном районе Каспия в июне 2011 г. составляла более 100 г/м^2 при плотности 22 тыс. экз/м^2. Встречались особи разных размеров, в том числе молодь и копулирующие пары, что свидетельствует о постоянном обновлении популяции и ее восстановлении.

К ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АРКТИКИ

И.А. Ерохина[1], Т.В. Минзюк[1], А.А. Кондаков[2], Н.Н. Кавцевич[1]

[1]Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
irina.erohina58@mail.ru, arostak@gmail.com

В настоящее время климатические изменения в Арктике, а также социально-экономическая и геополитическая обстановка вызывают усиление внимания к состоянию морских экосистем, их реакциям на меняющуюся нагрузку природных и антропогенных факторов. Морские млекопитающие в силу особенностей их биологии рассматриваются в качестве наиболее уязвимых объектов, и не случайно появление многочисленных публикаций, посвященных ответным реакциям этих животных на различные внешние воздействия, возможности использования их в качестве видов-индикаторов состояния морских экосистем [Fair, Becker, 2000; Johannessen, Miles, 2011]. Одним из центральных вопросов в мониторинге природных популяций животных является поиск чувствительных индикаторов экологического неблагополучия. Диагностические возможности раннего обнаружения первых признаков неблагоприятных воздействий наиболее полно реализуются на молекулярном и клеточном уровнях. В качестве материала для прижизненных исследований часто используется кровь, несущая в силу своих структурно-функциональных свойств информацию о тканях и органах всего организма. Идея эта не нова, известны подобные исследования у наземных млекопитающих [Узенбаева и др., 2010].

В настоящей работе проведена оценка физиологического статуса одного из представителей арктических ластоногих, серого тюленя, по физиолого-биохимическим параметрам крови как элемента мониторинга состояния морских млекопитающих. Согласно современным исследованиям, общая численность серых тюленей, формирующих 3 размножающихся колонии в районе Айновых островов, не уменьшается и составляет не менее 3800 особей [Кондаков и др., 2015]. Тем не менее для определения перспектив развития популяции необходимы сведения о физиологическом статусе животных.

Материал для исследования собран во время экспедиций 2006 и 2013 гг. на о. Большой Айнов в Баренцевом море (N 69˚ 50,092′, E 033˚ 33,888′, Кандалакшский государственный природный заповедник, рис. 1) в период размножения серых тюленей.

Изученные животные были разделены на три группы в зависимости от стадии развития, которая в раннем постнатальном периоде жизни определяется характером питания: новорожденные (0–1 неделя, n = 12), питающиеся молоком



Рис. 1. Карта-схема района работ

матери (2–3 недели, n = 22), закончившие молочное питание (1–1,5 месяца, n = 14). Кровь у тюленей брали из позвоночной экстрадуральной вены [Geraci, Smith, 1975], в качестве антикоагулянта использовали гепарин. Изготовление мазков крови, общий анализ крови и определение лейкоцитарной формулы проводили общепринятым способом [Руководство … 1960]. Миелопероксидазу в лейкоцитах выявляли по методу Д. Кваглино [Лецкий, 1973]. Фиксированные в метаноле мазки окрашивали на катионный белок по методу М. Олферта и И. Гешвинда [Бутенко и др., 1974]. Для исследования крови использовался микроскоп Axio Imager M1, оснащенный цифровой видеокамерой AxioCam и программным обеспечением AxioVision (фирмы Zeiss). Все окрашенные препараты изучали, используя масляную иммерсию (объектив 100×, окуляр 10×). Плазму крови отделяли центрифугированием и в ней определяли показатели обмена белков, липидов, углеводов, минеральных веществ, применяя общепринятые в лабораторной практике методы [Камышников, 2000]. Статистическую обработку результатов проводили методами вариационной статистики с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0. Для оценки достоверности различий между средними величинами использовали критерии χ^2 и Стьюдента, различия при $p < 0{,}05$ рассматривали как статистически значимые.

Атлантический серый тюлень (*Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777) занесен в Красную книгу России (III категория), в Мурманской области подлежит полной охране. Размножающиеся колонии этих животных расположены у восточной границы видового ареала. Внимание к ним обусловлено и все еще недостаточной их изученностью, и тем, что после завершения периода размножения животные мигрируют к берегам Норвегии, где они являются объектами охоты. Кроме этого, в условиях климатических флуктуаций и усиления факторов беспокойства, связанных с деятельностью человека в регионе, необходима оценка состояния животных во времени. Нами были изучены показатели крови, позволяющие оценить физиологическое состояние животных на уровне норма – патология, в 2006 и 2013 гг.

Особое внимание уделялось показателям функциональной активности клеток, характеризующим уровень неспецифической бактерицидной активности, – содержание в гранулоцитах миелопероксидазы и катионного белка, лейкоцитарной формуле крови. Из биохимических параметров метаболизма изучены следующие: общий белок и его фракции, мочевина, креатинин, мочевая кислота, глюкоза, общие липиды, триглицериды, холестерин, кальций, фосфор, натрий, калий, магний, железо, хлориды, ферменты (аминотрансферазы, лактатдегидрогеназа, щелочная фосфатаза, α-амилаза, γ-глутамилтранфераза, креатинкиназа). В целом, значения изученных показателей крови соответствовали нормальным уровням для данного вида животных в период от рождения до завершения молочного питания [Bossart et al., 2001; Кавцевич и др., 2015], что позволило оценить состояние рожденных в 2006 и 2013 гг. щенков как нормальное. Кроме того, не отмечено значительных изменений в уровне неспецифической резистентности и метаболическом статусе животных, включая индикаторы пассивного переноса иммуноглобулинов от матери к детенышу (ГТТФ) и показатели степени упитанности детенышей (ЩФ), к 2013 году, спустя 7 лет после первого обследования. На рисунке 2 представлены некоторые из изученных показателей, наиболее ярко демонстрирующие вышесказанное.

Таким образом, приведенные примеры использования физиолого-биохимических параметров крови в изучении популяций морских млекопитающих показывают: 1) стабильное нормальное физиологическое состояние щенков в колонии серого тюленя на о. Большой Айнов; 2) возможность оценки состояния животных в дальнейшем при сравнении с имеющимися данными, принятыми в качестве референтных.

Благодарности. Авторы выражают благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника за предоставленные возможности проведения полевых работ. Работа частично выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 05-04-48388-а и № 06-04-02106-э_к).

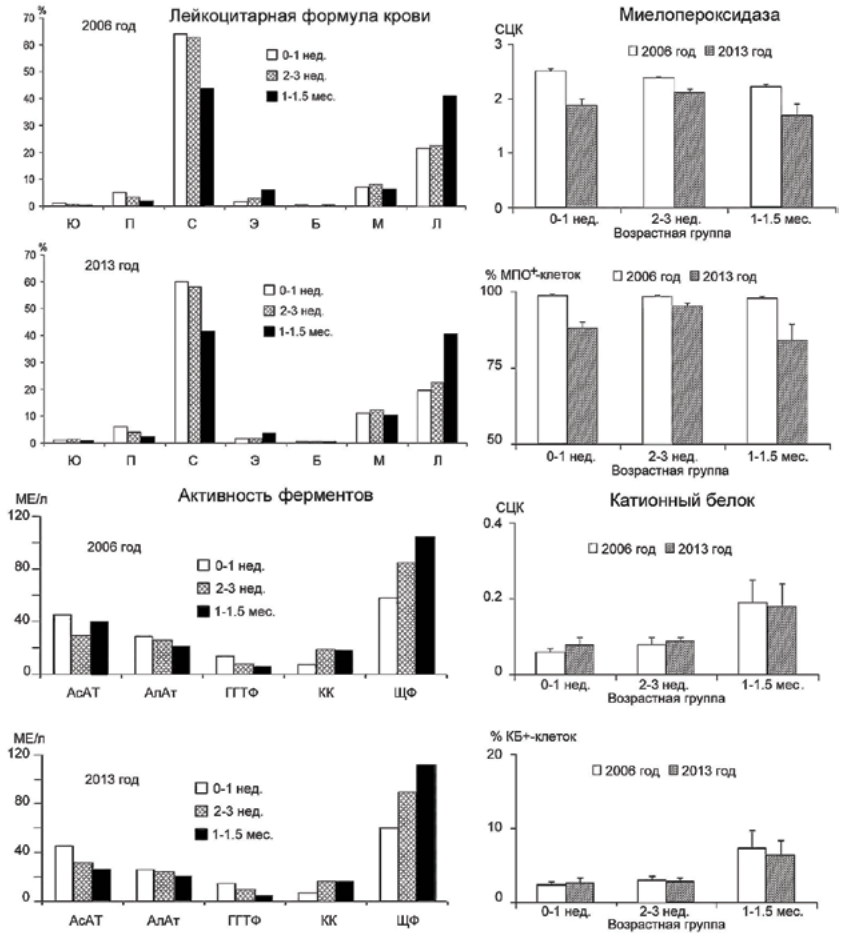


Рис. 2. Некоторые показатели клеточного состава и метаболические параметры крови серых тюленей в раннем периоде постнатального развития: СЦК – средний цитохимический коэффициент; АсАТ – аспартатаминотрансфераза; АлСТ – аланинаминотрансфераза; ГГТФ – гаммаглутамилтрансфераза; КК – креатинкиназа; ЩФ – щелочная фосфатаза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бутенко З.А., Глузман Д.Ф., и др. *Цитохимия и электронная микроскопия клеток крови и кроветворных органов*. Киев: Наукова думка, 1974. 248 с.

Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В., Ерохина И.А. Эколого-физиологические параметры тюленей разного возраста // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2015. № 2(21). С. 59–69.

Камышников В.С. *Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике*. Минск: Беларусь, 2000. Т. 1. 495 с., Т. 2. 463 с.

Кондаков А.А., Кавцевич Н.Н., Олейников Е.П. Минимальная численность серых тюленей (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) в размножающихся колониях Айновых островов // *Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций*: тез. докл. междунар. науч. конф. 2015. С. 109–110.

Лецкий В.Б. *Цитохимические исследования лейкоцитов (методические рекомендации)*. Л.: Медицина, 1973. 33 с.

Руководство по клиническим лабораторным исследованиям / ред. Л.Г. Смирнова, Е.А. Кост. М.: Медгиз, 1960. 964 с.

Узенбаева Л.Б., Ильина Т.Н., и др. Оценка физиологического статуса млекопитающих как составляющая экологического мониторинга на европейском севере России // *Вестник охотоведения*. 2010. Т. 7. № 2. С. 354–357.

Bossart G.D., Reidarson T.H., et al. Clinical pathology. In: *CRC Handbook of marine mammal medicine*. Ed. L.A. Dierauf, F.V.D. Gulland. 2nd Edition. CRC Press, 2001. P. 383–436.

Fair P.A., Becker P.R. Review of stress in marine mammals. *J. Aquat. Ecosystem Stress and Recovery.* 2000. No 7. P. 335–354.

Geraci J.R., Smith T.G. Functional hematology of ringed seals (*Phoca hispida*) in the Canadian arctic. *J. Fish. Res. Board. Can.* 1975. Vol. 32. P. 2559–2564.

Johannessen O.M., Miles M.W. Critical vulnerabilities of marine and sea ice-based ecosystems in the high Arctic. *Reg. Environ. Change.* 2011. No 11 (Suppl. 1). P. S239–S248.

БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗВЕДЕНИЯ ЧИСТИЛЬЩИКА РАДУЖНОГО ГУБАНА (*Labrus bergylta*)

Н.Г. Журавлева[1], Oddvar Ottesen[2], Л.В. Федотова[1]

[1]Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Норд университет, Будё, Норвегия
NonnaZh@yandex.ru

Широкомасштабное использование пестицидов и химических агентов в борьбе с паразитами при выращивании рыб наносит вред окружающей среде и предопределяет нерациональное использование морских ресурсов. Альтернативой химическим методам борьбы с «проблемой морской вши» является использование чистильщика радужного губана (*Labrus bergylta*) – естественного охотника на *Lepeophtheirus salmonis*, эктопаразита, который использует лосося в качестве хозяина, приводит к ухудшению товарного вида взрослых особей (поселяется на коже и жабрах лососей и питается покровами тела, а в местах их прикрепления образуются кровоподтеки и эрозия тканей) и вызывает заболевания молоди рыб [Ottesen et al., 2009].

Возможность использования чистильщика *L. bergylta* в качестве альтернативы химическим методам борьбы с «проблемой морской вши» привлекло внимание специалистов в коммерческой марикультуре лососевых. Разведение губана вместе с лососем спасает его от морской вши, губан съедает эктопаразитов с чешуи лосося. Основным препятствием в масштабном использовании *L. bergylta* для аквакультуры является ограниченность в дикой природе его популяции, которая уменьшается по мере вылова.

Таким образом, успешное использование экологически чистых мер (использование *L. bergylta*), а не химических средств для борьбы с паразитами влечет за собой еще одну задачу: обеспечение достаточного количества особей чистильщика для лососевой и тресковой марикультуры.

Для этого требуется наладить его воспроизводство. Однако биология и экология *L. bergylta* недостаточно изучены. Мало данных об эмбриональном развитии [D'Arcy et al., 2012]. Выращивание жизнеспособной молоди является критическим моментом в массовом производстве *L. bergylta*. Успешное выполнение задач по разработке биотехнологии выращивания чистильщика во многом зависит от определения оптимальных условий для содержания маточного стада, инкубации икры, выращивания личинок и молоди рыб, получения жизнеспособного потомства *L. bergylta* [Щепак и др., 2012].

Руководство по биотехнологии разведения *L. bergylta* было разработано совместно с Исследовательской станцией северной Норвегии (Marine Research Station of University of Nordland, Bodø, Norway) в рамках международного проекта "Ecofish – environment friendly fish farming and use of cleaner fish" (European Regional Development Fund / Northern Periphery Program). Проект "Ecofish" был создан для изучения биологии и экологии чистильщика и разработки биотехнологии выращивания губана *L. bergylta* с целью его применения в аквакультуре трески и лосося (для управления численностью эктопаразита «морской вши»).

– Исследованы основные вопросы, которые являлись препятствием для масштабного разведения [Shchepak et al., 2013].
– Впервые проведена экспериментальная работа по установлению оптимальных условий при инкубации икры и выращивания личинок [Щепак и др., 2012].
– Получены данные об основных факторах среды, имеющих существенное влияние на эмбриональное развитие [Shchepak et al., 2013].
– Описана процедура инкубации икры и основные проблемы, возникающие в ходе эмбрионального развития.
– Установлены требования к температуре, солености для получения здорового потомства во время эмбрионального периода [Щепак и др., 2012].

– Представлены рекомендации, основанные на экспериментальных данных и практическом опыте.

Предложенная схема подготовки маточного стада для нереста и получения жизнеспособных особей *L. bergylta* включает в себя:
– создание ремонтно-маточного стада, прохождение карантина;
– организацию работ по содержанию маточного стада;
– распределение особей в нерестовые группы в отдельных бассейнах;
– подготовку особей к нерестовому периоду (установление рационов питания, особых экологических условий, контроль за оогенезом и сперматогенезом особей и стадиями зрелости половых продуктов);
– нерестовой период (сбор оплодотворенной икры);
– инкубацию икры;
– получение личинок *L. bergylta*;
– подращивание личинок и переход на экзогенное питание;
– содержание мальков *L. bergylta* и подращивание до размера достаточного для доставки на фермы;
– совместное содержание *L. bergylta* с лососем и треской.

Рекомендации по технологии разведения:

Разработка способов управления ремонтно-маточным стадом для своевременного получения личинок (рекомендации по плотности посадки рыб, питанию, по содержанию и основным характеристикам термо- и фотопериода).

Разработаны рекомендации по установлению оптимальных условий для содержания ремонтно-маточного стада, инкубации икры и выращивания личинок (определение стадий зрелости половых продуктов; установление нерестовых групп и получение качественной икры; закладка оплодотворенной икры на инкубацию; наблюдение за развитием эмбрионов для своевременного решения основных проблем, возникающих в ходе эмбрионального развития, и для обеспечения максимально возможной степени выживания личинок, определения стадий развития икры):
– выдерживание и перевод личинок на экзогенное питание;
– разработка рекомендаций по содержанию и уходу за молодью в условиях выращивания;
– составление рекомендаций по основным требованиям для получения жизнестойкой молоди и обеспечения максимального роста личинок;
– разработка рекомендаций для установления режимов питания взрослых рыб и личинок;
– апробация результатов исследований в коммерческом выращивании на фермах:
1) Marine Harvest Labrus – получено 8 млн молодых особей *L. bergylta* (2013);
2) Profunda – получено 2 млн молодых особей *L. bergylta* (2013).

Результаты научных исследований изложены в научных публикациях, представленных на научно-практических конференциях и симпозиумах в виде стендовых и устных докладов. Планируется выпуск руководства по биотехнологии разведения *L. bergylta,* эмбриологического и гистологического атласов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Щепак Л.В., Журавлева Н.Г., Ottesen O. Эффекты температуры и солености на оплодотворенную икру радужного губана *Labrus bergylta* при инкубировании // *Вестник КамчатГТУ*. 2012. № 22. С. 92–97.

D'Arcy J., Dunaevskaya E., et al. Embryonic development in Ballan wrasse *Labrus bergylta*. *Fish Biology*. 2012. Vol. 81. No 3. P. 1101–1110.

Shchepak L., Babiak I., et al. Development of *Ballan wrasse, Labrus bergylta*, embryos and larvae incubated in different combinations of temperatures and salinities. In: *Aquaculture conference: To the Next 40 Years of Sustainable Global Aquaculture*. Palacio de Congresos de Canarias, Las Palmas, Gran Canaria Session 3rd–7th November 2013. 2013. 1 p.

Ottesen O., Zhuravleva N.G., et al. Ballan wrasse offer efficient environmentally friendly sea lice control. *Global Aquaculture Alliance*. 2009. P. 56–57.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. ЛУГАНСКА

Л.Г. Зубова, В.А. Гречка, К.С. Пахалкин

Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР
zubov-home@mail.ru

В настоящее время продолжают оставаться актуальными проблемы сохранения и использования водных ресурсов. Особенно это важно для Луганской народной республики.

В зависимости от значений параметров качества воды поверхностные воды относят к определенной категории и классу качества. Еще в 1994 г. был разработан и введен документ «Экологическая оценка качества поверхностных вод суши и эстуариев» (КНД 211.1.4.010-94) [Клименко и др., 2006].

Экологическую характеристику качества поверхностных вод суши и эстуариев предоставляют по экосистемному принципу. Ее объективность обеспечивает широкий комплекс показателей, характеризующих абиотическую и биотическую составляющие водных экосистем. Система оценки качества поверхностных вод суши и эстуариев охватывает три блока показателей:

– блок показателей солевого содержания;
– блок трофо-сапробиологических (эколого-санитарных) показателей;
– блок специфичных показателей токсического и радиационного воздействия.

Объектом наших исследований является питьевая вода города Луганска. Густота речной сети в Донбассе невелика, на один квадратный километр площади бассейна Северского Донца приходится 0,15 км рек [Кошель, 2002]. Поэтому водоснабжение города Луганска осуществляется из артезианских скважин аллювиального и верхнемелового водоносных горизонтов. Размещение главных водозаборов показано на рис. 1.

Для проведения химических анализов были использованы следующие образцы луганской воды:

– бутилированная вода «Голубой ключ»;
– бутилированная вода «Луга-Нова»;
– водопроводная вода г. Луганска;

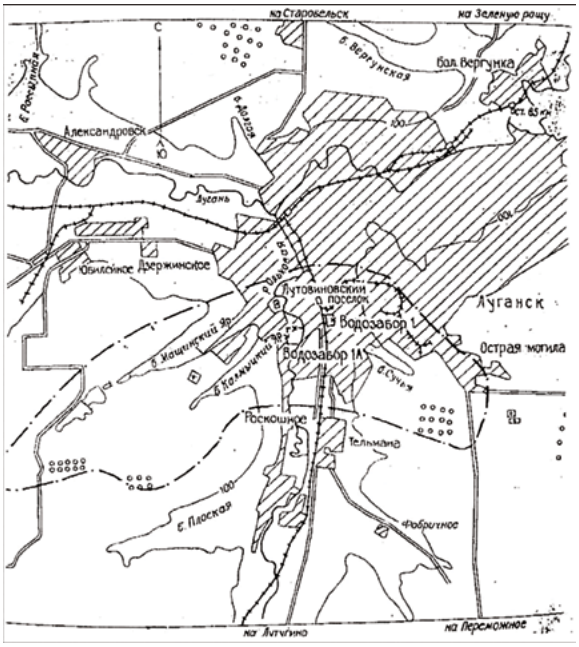


Рис. 1. Обзорная карта размещения главных водозаборов Луганска

– водопроводная вода поселка Видное, г. Луганск;
– вода из скважины, глубиной 47 м п. Видное, г. Луганск;
– замороженная с последующим оттаиванием водопроводная вода.

В ходе проведения химических анализов питьевой воды Луганска были получены результаты, которые отображены в табл. 1–4.

Таблица 1. Результаты определения pH питьевой воды

Способ очистки	Пробы воды	Кислотность (pH)	Класс качества воды по КНД 211.1.4.010-94	Категория качества воды по КНД 211.1.4.010-94
1. Промышленный	1. «Голубой ключ»	6,8	II	II – чистая
	2. «Луга-Нова»	7,5	I	I – отличная
2. Бытовой	1. Очистка с активированным углем	7,6	II	II – чистая
	1а. Контроль – неочищенная водопроводная	7,9	II	III – достаточно чистая
	2. Бытовой фильтр	6,3	IV	VI – сильно загрязненная
	3. Талая вода	7,4	I	I – отличная
	3а. Талая вода	8,0	III	IV – слабо загрязненная
	3б. Талая вода	8,1	III	IV – слабо загрязненная
	3в. Контроль водопроводная вода до замораживания	7,4	I	I – отличная

Таблица 2. Результаты определения жесткости воды

Пробы воды, отобранные по ГОСТ 2874-82 и ГОСТ 4979-49	Общая жесткость воды, моль/м^3
Водопроводная, п. Видное, г. Луганск	14,93
Водопроводная после фильтрования, п. Видное, г. Луганск	14,82
Скважина, глубина 47 м, п. Видное, г. Луганск	15,21
Водопроводная, г. Луганск	15,01

Таблица 3. Результаты определения содержания ионов солей

Характеристика отобранных образцов воды	Содержание солей, мг/л	Классификация качества воды по КНД 211.1.4.010-94	Категория качества по КНД 211.1.4.010-94
хлориды			
1. Водопроводная, пос. Видное, г. Луганск	0–10	I	I – очень чистая
2. Водопроводная после фильтрования, пос. Видное, г. Луганск	0–10	I	I – очень чистая
3. Скважина, глубина 47 м, п. Видное, г. Луганск	0–10	I	I – очень чистая
4. Водопроводная, г. Луганск	0–10	I	I – очень чистая
сульфаты			
1. Водопроводная,п. Видное, г. Луганск	10–100	IV	VI – грязная
2. Водопроводная после фильтрования, п. Видное, г. Луганск	10–100	IV	VI – грязная
3. Скважина, глубина 47 м, п. Видное, г. Луганск	100–500	VI	VIII – очень грязная

Окончание таблицы 3

Характеристика отобранных образцов воды	Содержание солей, мг/л	Классификация качества воды по КНД 211.1.4.010-94	Категория качества по КНД 211.1.4.010-94
4. Водопроводная, г. Луганск	0–10	I	I – очень чистая
карбонаты			
1. Водопроводная, п. Видное, г. Луганск	розовая	ионы CO_3 присутствуют	
2. Водопроводная после фильтрования, п. Видное, г. Луганск	слабо-розовая	незначительное присутствие ионов CO_3	
3. Скважина, глубина 47 м, п. Видное, г. Луганск	розовая	ионы CO_3 присутствуют	
4. Водопроводная, г. Луганск	розовый цвет отсут-ствует	карбонаты отсутствуют	

Таблица 4. Результаты определения минерализации питьевой воды

Характеристика отобранных образцов воды	Показатели, мг/дм^3
1. Водопроводная вода, п. Видное, г. Луганск	1340,0
2. Водопроводная после фильтрования, п. Видное, г. Луганск	1250,0
3. Скважина, глубина 47 м, п. Видное, г. Луганск	1460,0
4. Водопроводная, г. Луганск	1355,0

Вывод. В ходе химических анализов отобранных образцов установлено, что значение общей минерализации питьевой воды г. Луганска в среднем составляет 1340 мг/дм^3, что не соответствует нормативу. Значение жесткости питьевой воды г. Луганска не соответствует требованиям и превышает допустимые значения в 2–3 раза. Остальные исследуемые показатели находятся в пределах нормы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. *Моніторинг довкілля*: підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.

Кошель В.П. Екологічний стан у Луганській області // *Перспективи розвитку Луганщини в контексті екологічних проблем України та світу:* матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. Луганськ, 2002. С. 9–14.

ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Ю.Ю. Климова

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия
zama@mail15.com

В настоящее время происходит не только количественное истощение, но и качественная деградация природных вод, снижение водохозяйственного, рыбохозяйственного и рекреационного потенциала водоемов мира на территориях с промышленно-урбанизированным типом природопользования.

Также наблюдается несоответствие большинства поверхностных и подземных вод санитарно-гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды, особенно по содержанию ионов тяжелых металлов, сероводорода, нефтепродуктов, растворенных органических веществ, патогенов. Ситуация осложняется тем, что перечень антропогенных загрязнителей водных объектов постоянно пополняется, не изучены процессы трансформации многих химических загрязнителей в воде, влияние этих веществ в микродозах на здоровье человека при приеме с водой в различные по продолжительности промежутки времени. Используемые общепринятые методы водоподготовки часто не могут обеспечить экологическую результативность и эффективную очистку от многих ранее аккумулированных и вновь поступающих в воду антропогенных токсикантов, генотоксичных веществ.

Сохранение качества природных вод урбанизированных территорий и как следствие обеспечение населения чистой питьевой водой и в достаточных количествах – одна из важнейших приоритетных проблем, решаемых в настоящее время в каждой стране.

Россия – второе государство в мире по обеспеченности водными ресурсами и обладает одним из крупнейших водохозяйственных комплексов. Несмотря на то, что в стране сосредоточено 22 % мировых запасов доступной пресной воды, наблюдаются локальный дефицит водных ресурсов, неблагоприятное внутригодовое их распределение, низкая эффективность использования, что усугубляется загрязнением поверхностных и подземных вод, особенно в урбанизированной европейской части страны. По данным надзорных органов, в России качество питьевой воды примерно в 30 % случаев не отвечает санитарно-гигиеническим нормативам. В водные объекты Российской Федерации в год сбрасывается до 52 км^3 сточных вод, и только 11 % из них попадают в водные объекты нормативно-очищенными. Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты РФ ежегодно поступает около 11 млн т загрязняющих веществ, также зафиксировано около 6 тысяч участков техногенного загрязнения подземных вод, в основном на территории Приволжского, Сибирского и Центрального федеральных округов.

В экономике РФ ежегодно используется около 62,5 км^3 воды. Свыше 90 % общего объема использования водных ресурсов приходится на тепловую и атомную энергетику (37 %), агропромышленный комплекс (24 %), а также жилищно-коммунальное хозяйство (18 %), добывающую и обрабатывающую промышленность (12 %). Водоемкость валового внутреннего продукта РФ составляет около 2,4 м/тыс. руб., что значительно превышает аналогичные показатели стран-лидеров в области ресурсосбережения [ИТС10-2015, 2015].

Доступные динамические возобновляемые запасы воды в России составляют 4260 км^3/год. Статические запасы пресной воды во всех ее источниках и формах составляют порядка 90 тыс. км^3/год. На душу населения приходится 30,2 тыс. м^3/год, что значительно превышает установленный ООН критический минимум, необходимый для удовлетворения потребностей – 1,7 тыс. м^3. Общие прогнозные ресурсы подземных вод на территории страны составляют 869,1 млн м^3/сут. В России насчитывается 76 крупных городов с населением более

250 тыс. человек. При этом снабжение населения хозяйственно-питьевой водой в 26 городах почти полностью основано на использовании подземных вод, в 27 городах – поверхностных вод (на долю подземных вод приходится менее 10 %). Города с населением более 1 млн жителей в основном используют поверхностные воды [Зекцер, Четверикова, 2016].

В результате тесной взаимосвязи поверхностных и подземных вод урбанизированных территорий процессы загрязнения здесь постепенно распространяются на большие глубины, ухудшается качество подземных вод под влиянием техногенеза. В водоносных горизонтах обнаруживаются нефтепродукты, фенол, тяжелые металлы и нитраты, в количествах, превышающих ПДК, что представляет гидрогеохимическую опасность.

В условиях городской среды осуществляется не только забор воды из природных источников для питьевого водоснабжения, промышленного сектора, но и формируются искусственные водные объекты, используемые для аккумулирования резерва воды, регулирования речного стока, целей топливно-энергетического комплекса, а также для сброса сточных вод, что требует больших объемов воды для достижения естественного качества вод. Глобальный сброс сточных вод составляет 2000 км^3 в год, а для приведения качества воды в природном объекте, используемом как приемник стока к фоновому, сточные воды даже после очистки требуют разбавления в 10–50, а без очистки – до 100–1000 раз. Неудивительно, что практически все реки мира в той или иной степени загрязнены, как и некоторые озера, замкнутые моря и прибрежные воды, а также верхний горизонт подземных вод [Данилов-Данильян, Хранович, 2010].

Искусственные водоемы изменяют не только гидрологический режим, ухудшают экологическую обстановку в водосборных бассейнах, вызывают нарушение водных экосистем, но и изменяют качество воды природных водных объектов.

Значительное воздействие на водные объекты оказывают диффузный сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, ливневые стоки, сточные воды промышленных предприятий, а также трансграничное аэрозагрязнение, в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферы в виде сухих и мокрых выпадений.

Необходимо отметить, что воздушный бассейн урбанизированных территорий характеризуется значительно повышенным уровнем загрязнения, что обусловлено наличием источников эмиссий на относительно небольшой ограниченной территории. Предположительно, в результате трансграничного переноса потоков примесей происходят загрязнение аллохтонными наносами техногенного происхождения высокогорных территорий и последующая миграция аэротоксикантов – через литосферу в подземные воды, что может способствовать ухудшению качественного состава минеральных вод Кавказа.

На протяжении 10 лет специалисты Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь) проводили исследования гидрохимического состава водных объектов и биологических видов гляциальных систем. Результаты этой работы были представлены на III Национальном научном форуме «Нарзан-2015», посвященном актуальным проблемам гидролитосферы. Авторы утверждают, что источник загрязнения ледников, снежников и ледниковых вод в бассейне реки Большой Зеленчук и более чем в 50 высокогорных озер содержится атмосферная пыль. Содержание ионов железа в горных озерах достигало 0,18–0,2 мг/л при ПДК 0,1 мг/л, меди – $1{,}2\times10^{-3}$ мг/л при ПДК $1{,}0\times10^{-3}$ мг/л, цинка – 16×10^{-3} мг/л при ПДК 10×10^{-3} мг/л и т.д. Исследуемые водоемы расположены на высоте 2800 м над уровнем моря, где отсутствуют значимые источники загрязнения атмосферного воздуха, также распространенные здесь кристаллические породы слабо подвержены выщелачиванию и обусловливают слабую минерализацию ледниковых вод. Аэротехногенное загрязнение горных озер и рек привело к накоплению в них илов, с содержанием меди 30 мг/л, цинка 47 мг/л, свинца 29 мг/л, хрома 100 мг/л, титана 2000 мг/л, бария 400 мг/л, лития 30 мг/л.

Один из основателей отечественной геоэкологии, Г.Н. Голубев, отмечал, что масштабы и темпы деградации природных вод России намного выше, чем других природных сред и требуют решительных действий через специальные целевые программы.

Сохранение фонового качества природных вод является актуальной задачей и соответствует приоритетным направлениям Водной стратегии РФ на период до 2020 года, действуют

и Государственные программы субъектов РФ. Так, на решение задач в сфере охраны и использования водных ресурсов в настоящее время направлены отдельные мероприятия федеральной целевой программы в г. Севастополе, где Постановлением Правительства Севастополя от 26.06.2015 № 553-ПП утверждена и реализуется Государственная программа «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов города федерального значения Севастополя на 2015–2017 годы».

На территории г. Севастополя, который является типичным примером урбанистической разновидности прибрежной зоны, насчитывается около 120 водных объектов, которые включают в себя не только территориальные морские воды Чёрного моря, но и реки, обводненные карьеры, пруды, водохранилища и родники. В настоящее время происходит деградация многих водных объектов, теряющих хозяйственное значение. Основным источником централизованного водоснабжения Севастополя является Чернореченское водохранилище. По данным Главного управления природных ресурсов и экологии г. Севастополя, мониторинг воды в 2015 г. в Чернореченском водохранилище показал: вода имела удовлетворительный кислородный режим и получила класс качества – слабо загрязненная. Качество питьевой воды, подаваемой населению Севастополя, отмечено как низкое. Основными причинами этого являются отсутствие водоочистки, понижающей общую жесткость питьевой воды, высокая изношенность водопроводов и разводящих сетей, приводящая к вторичному загрязнению воды, недостаток специализированных санитарно-технических служб, отсутствие плановых капитальных ремонтов системы водоснабжения. Также в результате гидрохимического мониторинга акватории Севастопольской бухты, проведенного в 2015 г., установлено, что в целом содержание определяемых показателей не превышало допустимых норм, за исключением нефтепродуктов, концентрация которых превысила допустимый уровень в шесть раз. Также отмечается сильная загрязненность нефтяными углеводородами акватории Артиллерийской бухты.

Качественное состояние и уровень загрязненности природных вод оказывают прямое влияние на их потенциальные возможности использования, поэтому, учитывая современный уровень урбанизации, необходимо создание эффективной системы управления водными ресурсами в городах, что позволит повысить качество воды в водных объектах, восстановить водные экосистемы, обеспечить экологически устойчивое использование водных и биологических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. *Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования*. М.: Научный мир, 2010. 232 с.

Зекцер И.С., Четверикова А.В. Пресные подземные воды на службе населения // *Наука и жизнь*. 2016. № 3. С. 50–55.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС10-2015). М.: Бюро НДТ, 2015. 129 с.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА И МЕСТА ПРОИЗРАСТАНИЯ НА СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *Fucus vesiculosus* L.

М.П. Клиндух

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
klindukh.maria@yandex.ru

Свободные аминокислоты (САК) являются обязательным биохимическим компонентом любого растительного организма. Их роль в обмене веществ очень важна, а функции в клетке многочисленны и разнообразны. Пул САК в растениях обычно представлен 20–30 аминокислотами, состав и соотношение которых очень изменчивы и зависят от различных факторов. Любое изменение в метаболизме клетки сразу же отражается на составе пула САК [Клочкова, Березовская, 1997; Красильникова и др., 2004].

Качественный и количественный состав САК наиболее полно изучен для различных видов бурых водорослей, произрастающих на Камчатском побережье и в Белом море [Клочкова, Березовская, 1997; Репина, 2005]. Качественный состав и количественное содержание САК в бурых водорослях Баренцева моря изучены слабо. В проведенных нами ранее работах исследован состав и содержание САК некоторых видов фукусовых водорослей, произрастающих в различных губах Баренцева моря, а также в Белом и Балтийском морях [Клиндух и др., 2011; Клиндух, Облучинская, 2013; Клиндух, 2015; Клиндух, Облучинская, 2015].

Цель данной работы – сравнить качественный состав и количественное содержание свободных аминокислот молодых и взрослых водорослей вида *Fucus vesiculosus*, произрастающих в разных биотопах Мурманского побережья Баренцева моря.

Материалы и методы. Материал для исследования был собран в апреле 2014 года в бухте Девкина Заводь губы Печенга, в губе Ура, на литорали в районе Абрам-мыса и в бухте Белокаменная Кольского залива, в бухте Оскара губы Зеленецкая Баренцева моря.

Объектом исследования послужили водоросли вида *F. vesiculosus* в возрасте 5+…7+ лет и молодые (ювенильные) растения в возрасте 0…1+ года. Для определения содержания САК у взрослых растений использовали среднюю часть таллома. Молодые растения использовали целиком.

Извлечение САК из растительного материала проводили методом трехкратной мацерации 70 %-ным этанолом. Определение аминокислот проводили по модифицированной нами методике на жидкостном хроматографе фирмы Shimadzu LC-20AD Prominence (Япония) с детектором на фотодиодной матрице Shimadzu SPD-M20A Prominence и хроматографической колонкой Supelco C18 (США). Хроматографический анализ проводили в режиме градиентного элюирования и температуре термостата колонки 55–60 °С. В качестве подвижной фазы использовали растворы: ацетата натрия с pH 5,5 и pH 4,05 и раствор изопропилового спирта в ацетонитриле. Детектирование осуществляли при длине волны 254 нм.

Определение содержания САК проводили в четырехкратной повторности. Все полученные данные были обработаны в программе Microsoft Excel с использованием математических и статистических формул [Ивантер, Коросов, 2003].

Результаты и обсуждение. Качественный состав САК в исследуемых образцах бурых водорослей был представлен 20 различными аминокислотами. Наиболее массовыми среди них являются аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. В сумме они составляли от 36 до 85 % от общего содержания САК у бурой водоросли *F. vesiculosus*. Преобладание в составе САК аланина, аспарагиновой и глутаминовой кислот характерно для представителей бурых водорослей, произрастающих в различных районах Мирового океана [Клочкова, Березовская, 1997; Citharel, Villereit, 1965].

Из 20 обнаруженных в *F. vesiculosus* САК 8 относились к группе незаменимых. Суммарное содержание незаменимых аминокислот в пробах бурой водоросли *F. vesiculosus* составило от 4,7 до 12,5 % от общей суммы САК. В наибольшем количестве среди незаменимых аминокислот у исследованных образцов фукуса пузырчатого содержались треонин и фенилаланин.

Количественное содержание САК в исследуемых образцах бурых водорослей составило от 2,24 до 10,69 мг/г абсолютно сухой массы водорослей.

Суммарное содержание САК в средней части таллома взрослых растений оказалось различным в зависимости от места произрастания водорослей. Фукусы, собранные в б. Корабельная и б. Оскара, содержали наибольшее количество САК в средней части таллома, чем остальные исследованные образцы. Для молодых растений не наблюдалось существенной разницы в суммарном содержании САК в зависимости от места произрастания. Исключением оказались ювенильные водоросли из б. Корабельная, которые содержали в 2–2,5 раза меньше САК, по сравнению с молодыми растениями из других биотопов (рис. 1).

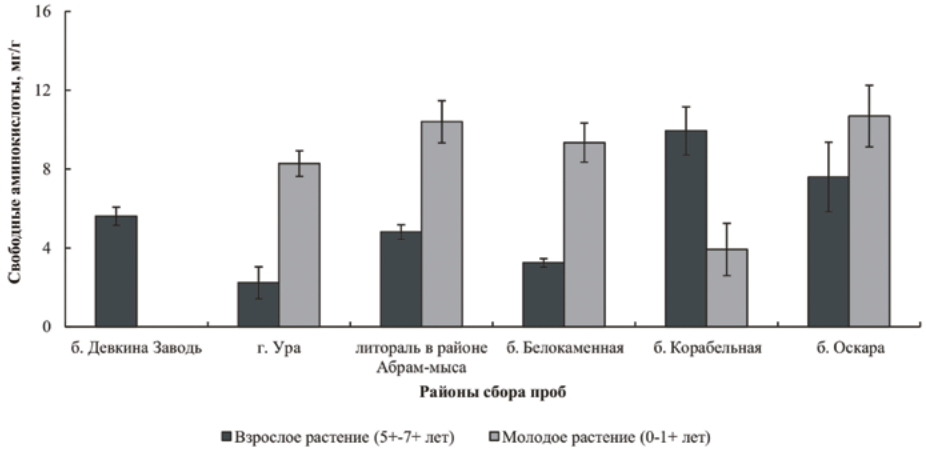


Рис. 1. Суммарное содержание свободных аминокислот (САК) в бурой водоросли *F. vesiculosus*

Молодые водоросли из г. Ура, с литорали в районе Абрам-мыса и б. Белокаменная содержали в 2,2–3,7 раза больше САК по сравнению со средней частью таллома взрослых растений. У ювенильных и взрослых растений из б. Оскара содержание САК было практически одинаковым. А для фукусов из б. Корабельная наблюдалась обратная тенденция: молодые растения содержали в 2,5 раза меньше САК, чем 5–7-летние водоросли. Сумма САК у молодых растений оказалась выше, чем у взрослых в основном за счет более высокого содержания аланина и глутаминовой кислоты.

Суммарное содержание незаменимых аминокислот составило от 0,22 до 1,17 мг/г абсолютно сухой массы водорослей. Фукусы, произрастающие в г. Ура, на литорали в районе Абрам-мыса и в б. Белокаменная содержали меньше незаменимых аминокислот, чем взрослые водоросли из других исследуемых биотопов. Среди ювенильных водорослей сумма незаменимых аминокислот оказалась более высокой у водорослей из б. Белокаменная, б. Оскара и с литорали в районе Абрам-мыса. Для молодых растений, собранных в г. Ура, на литорали в районе Абрам-мыса и в б. Белокаменная, характерно более высокое содержание суммы незаменимых аминокислот по сравнению со взрослыми водорослями. А в б. Корабельная и б. Оскара у молодых и взрослых *F. vesiculosus* суммарное содержание незаменимых аминокислот оказалось одинаковым (рис. 2).

Известно, что у бурых высокоорганизованных водорослей транспорт фотоассимилятов направлен из зрелых, наиболее интенсивно фотосинтезирующих зон в молодые участки. Вероятно, более низкое содержание САК в средней части таллома взрослых водорослей по сравнению с молодыми растениями, собранными в г. Ура, на литорали в районе Абрам-мыса и в б. Белокаменная, связано с оттоком аминокислот из зрелой части таллома в апикальную (молодую) часть. У водорослей, собранных в б. Корабельная и б. Оскара, подобных различий в содержа-

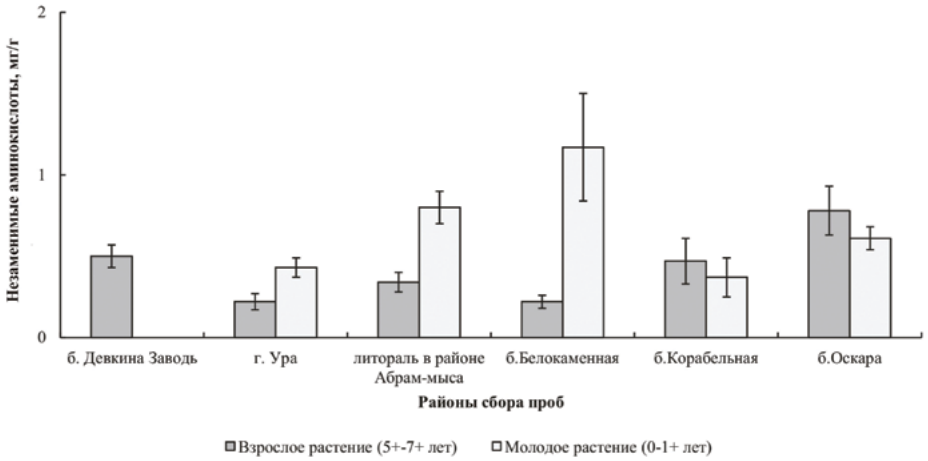


Рис. 2. Суммарное содержание незаменимых аминокислот в бурой водоросли *F. vesiculosus*

нии САК у взрослых и молодых растений не наблюдается. Это может быть связано с тем, что эти бухты располагаются восточнее остальных мест сбора водорослей, а значит, температура морской воды в них ниже вследствие снижения влияния теплого течения Гольфстрим на прибрежные воды. Вероятно, это оказывает воздействие на процессы роста и развития, которые у водорослей из б. Корабельная и б. Оскара могут быть смещены на более поздний период по сравнению с водорослями из г. Ура, с литорали в районе Абрам-мыса и б. Белокаменная.

Выводы. Место произрастания и возраст растений не влияют на качественный состав исследованных САК бурой водоросли *F. vesiculosus*.

Для всех изученных образцов *F. vesiculosus* характерно преобладание в составе САК аланина, глутаминовой и аспарагиновой кислот.

Количественное содержание и соотношение САК зависят от условий произрастания и возраста водорослей. Суммарное содержание САК большинства ювенильных водорослей выше, чем в средней части таллома взрослых водорослей.

Наибольшее общее количество САК среди взрослых растений было выше у водорослей, произрастающих в б. Оскара и б. Корабельная. Для молодых растений не отмечено изменений в суммарном содержании САК в зависимости от места произрастания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ивантер Э.В., Коросов А.В. *Введение в количественную биологию*: учеб. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.

Клиндух М.П. Исследование свободных аминокислот бурых и красных водорослей Баренцева моря методом ВЭЖХ // *Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН)*: тез. докл. междунар. науч. конф. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. С. 107–109.

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* // *Вестник МГТУ*. 2013. Т. 16. № 3. С. 466–471.

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Содержание свободных аминокислот в разных частях таллома и в онтогенезе бурой водоросли *Fucus vesiculosus* // *Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств*: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Мурманск: МГТУ, 2015. С. 222–226.

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д., Матишов Г.Г. Сезонные изменения содержания маннита и пролина в бурой водоросли *Fucus vesiculosus* L. Мурманского побережья Баренцева моря // *ДАН.* 2011. Т. 441. № 1. С. 1–4.

Клочкова Н.Г., Березовская В.А. *Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав* / отв. ред. д.б.н. В.С. Леви. Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Даль-наука, 1997. 155 с.

Красильникова Л.А., Авксентьева О.А., и др. *Биохимия растений*. Ростов н/Д: Феникс; Харьков: Торсинг, 2004. 224 с.

Репина О.И. Фукоиды белого моря: химический состав и перспективы использования // *Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки*: мат. второй науч.-практ. конф. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. С. 216–219.

Citharel J., Villereit S. Recherches sur les constituants azotes des algues marines. II-Les principaux acides amines de *Fucus spiralis* L. et leur variation au cours de la croissance de l'algue. *Bull. Soc. Fr. Physiol. Veget.* 1965. 11. № 4. P. 343–350.

СОВРЕМЕННОЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОЛЕНЫХ ОЗЕР КРЫМА

Н.Ю. Мирзоева, С.И. Архипова

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН
г. Севастополь, Россия; natmirz@mail.ru

Объектами исследования в данной работе были соленые озера Крыма: Киятское, Кирлеутское (Перекопская группа), Акташское, Кояшское (Керченская группа). Озеро Кояшское находится на территории Опукского природного заповедника, что исключает антропогенное воздействие на этот водный объект. Озера Акташское и Киятское соединены дренажными системами с Северо-Крымским каналом (СКК), что могло обеспечивать поступление постчернобыльских радионуклидов, в первую очередь ^{90}Sr, с аварийных районов по каскаду Днепра в удаленные регионы, такие как Крым. Озеро Кирлеутское не используется в хозяйственных целях, но находится в непосредственной близости от магистрального русла СКК [Озера Крыма, 2014]. В нашем случае озеро Кояшское является контрольным объектом исследования, озера Акташское, Киятское и Кирлеутское – водные объекты Крыма, которые подверглись как первичному, так и, возможно, вторичному загрязнению поставарийными радионуклидами после аварии на ЧАЭС [Поликарпов и др., 2008]. Начатые нами в 2013 г. радиоэкологические исследования соленых озер Крыма в отношении перераспределения и миграции ^{90}Sr в компонентах экосистем водоемов [Mirzoyeva et al., 2013; 2014; 2015] являются пионерскими за весь период после аварии на ЧАЭС.

Представленные в данной работе радиоэкологические исследования актуальны, так как восполняют пробел в изучении концентрации и перераспределении ^{90}Sr в водных экосистемах соленых озер Крыма, позволяют оценить влияние радиационного загрязнения на качество водной среды изучаемых объектов.

Цель данной работы заключалась в определении уровней концентрации и перераспределения ^{90}Sr в компонентах экосистем соленых озер Крыма Перекопской и Керченской групп после аварии на ЧАЭС в период 2013–2016 гг.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:
– определить концентрации и особенности перераспределения ^{90}Sr по компонентам водных экосистем соленых озер Крыма (Киятское, Кирлеутское, Акташское, Кояшское);
– провести сравнительный анализ содержания ^{90}Sr в компонентах водных экосистем исследуемых озер, сравнение с литературными данными с черноморскими экосистемами.
– выявить возможные источники поступления ^{90}Sr в изучаемые водоемы Крыма.

Метод определения ^{90}Sr в объектах окружающей среды, соответствующий общепринятым в мировой практике, основан на радиохимическом выделении радионуклида, измерении активности ^{90}Sr по черенковскому излучению его дочернего продукта ^{90}Y с использованием низкофонового жидкостного сцинтилляционного счетчика (LSC) LKB «Quantulus 1220», последующей математической обработке данных [Harvey et al., 1989; Поликарпов и др., 2008].

Среди всех исследуемых объектов наибольшая концентрация искусственного радионуклида ^{90}Sr в воде наблюдалась в озерах Киятское, Кирлеутское и Акташское не зависимо от периода отбора проб и уровней солености воды водоемов (рис. 1, 2).

Высокая концентрация поставарийного ^{90}Sr в воде озер Киятского, Кирлеутского и Акташского обусловлена прежде всего значительным антропогенным прессом на исследуемые экосистемы, а также особенностями гидрологических, гидрохимических характеристик водоемов. Озера имеют бессточный гидрологический режим, а сбросные и дренажные системы СКК [Понизовский, 1965; Озера Крыма, 2014], привносившие до 2014 г. в водоемы днепровские воды, обеспечивали хроническое вторичное поступление растворенного стронция из аварийного региона [Gulin et al., 2013; Mirzoyeva et al., 2013; 2014; 2015; Polikarpov et al., 2015].

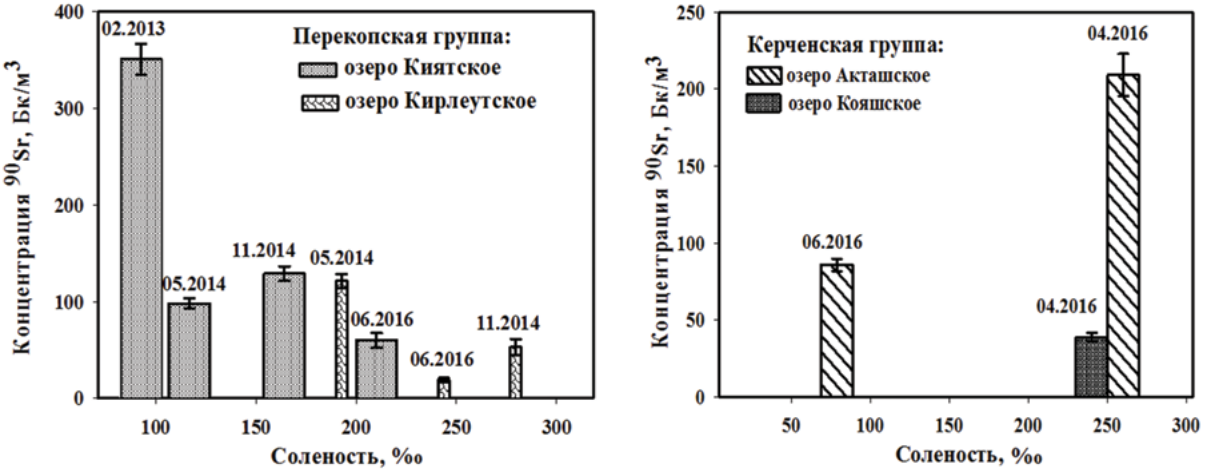


Рис. 1. Концентрация ^{90}Sr в воде соленых озер Крыма Перекопской и Керченской групп в период 2013–2016 гг.

В мае и ноябре 2014 г. концентрация ^{90}Sr в воде озера Киятского была в 3,6 и 2,7, а в июне 2016 г. – в 5,8 раз ниже, чем в феврале 2013 г. В озере Кирлеутском наблюдалось снижение в 2,3 раза содержания этого радионуклида в воде с мая по ноябрь 2014 г., а к 2016 г. – в 6,5 раза (рис. 1, 2).

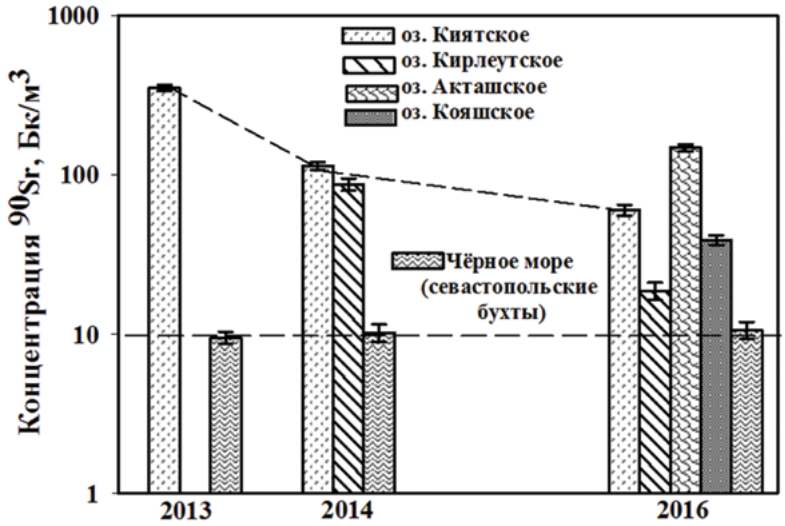


Рис. 2. Динамика средних концентраций ^{90}Sr в воде соленых озер Крыма и Чёрном море (севастопольские бухты) в период 2013–2016 гг.

Это, прежде всего, вызвано прекращением подачи воды на Крымский полуостров через СКК [RT на русском, 13.05.2014], перераспределением ^{90}Sr между компонентами экосистемы озера, депонированием радионуклида в донные отложения водоема. Сезонные изменения содержания поставарийного радионуклида в воде озер могут быть обусловлены выпадением осадков и испарением воды с поверхности водоемов (рис. 1).

Концентрация ^{90}Sr в черноморской воде севастопольских бухт не изменялась в течение 2013–2016 гг. (рис. 2), не превышала доаварийный уровень радионуклида и составляла в среднем 10,1 ± 0,9 Бк м$^{-3}$. Полученные результаты показывают (рис. 2), что в 2016 г. средняя концентрация искусственного ^{90}Sr в воде озер Акташского, Киятского, Кояшского и Кирлеутского в 14, 6, 3,9 и 1,8 раз соответственно превышает содержание радионуклида в воде Чёрного моря севастопольских бухт. Это объясняется различными, более интенсивными биогеохимическими процессами, протекающими в морских экосистемах, по сравнению с таковыми в соленых озерах Крыма [Мирзоева, 2013].

Для выявления источников поступления радионуклида ^{90}Sr в соленые озера Крыма было выполнено сравнение восстановленной концентрации ^{90}Sr в воде озер на 1986–1988 гг. со средними концентрациями ^{90}Sr в воде СКК и в Каховском водохранилище в этот же период [Поликарпов и др., 2008], связанными как с первичным, атмосферным переносом радионуклида сразу после аварии, так и с вторичным поступлением ^{90}Sr водным путем. Определено, что восстановленная к 1986 г. концентрация ^{90}Sr в воде озер Акташского, Киятского и Кирлеутского совпадают или превышают диапазон концентраций этого радионуклида в воде Каховского водохранилища и СКК, соответствующего водному пути поступления искусственного радионуклида в отдаленные от аварии регионы. Тогда как восстановленная концентрация ^{90}Sr в воде озера Кояшского находится в пределах доверительных интервалов и в диапазоне минимального и максимального значения таковой для Каховского водохранилища и СКК, определяемого в 1986 г. атмосферным переносом радионуклида [Поликарпов и др., 2008].

Установлено, что перераспределение ^{90}Sr в донные отложения соленых озер Крыма является незначительным (рис. 3).



Рис. 3. Концентрация ^{90}Sr в донных отложениях соленых озер Крыма и севастопольских бухт Чёрного моря (отбор проб 2014 г.)

Основное содержание ^{90}Sr находится в водной среде исследуемых водоемов, что обусловлено, вероятно, большим (свыше 70 % в общей сумме солей) содержанием NaCl [Понизовский, 1965], который, как и хлориды других щелочных металлов, способствует растворимости стронциевых солей. Отметим, что в 2013–2016 гг. концентрация ^{90}Sr в воде всех исследуемых соленых озер Крыма и контрольных станциях отбора проб не превышала ПДК для ^{90}Sr в питьевой воде [НРБ–99/2009].

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант № 16-05-00134.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Мирзоева Н.Ю. ^{90}Sr и ^{137}Cs в севастопольских бухтах после аварии на Чернобыльской АЭС, биогеохимические факторы самоочищения экосистем // *Экологич. безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*: сб. науч. тр. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. № 27. С. 266–270.

Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009): Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2523–09): Утв. и введ. в действие от 01.09.2009 г. взамен СанПиН 2.6.1.758 – 99. Зарегистрированы в Министерстве юстиции РФ 14.08.2009, рег. № 14534. URL: http://base.garant.ru/4188851/#1000

Озера Крыма. URL: http://журналкрым.рф/reki_i_ozera…/print:page,1,481-ozera-kryma.html (дата обращения: 20.02.2014).

Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., и др. *Радиоэкологический отклик Чёрного моря на чернобыльскую аварию* / под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 667 с.

Понизовский А.М. *Соляные ресурсы Крыма*. Симферополь: Крым, 1965. 166 с.

Украина признала, что прекратила поставлять воду в Крым // *RT на русском* (*Russia Today*). 13.05.2014. URL: http://russian.rt.com/article/31752#ixzz3326g7UHcrussian.rt.com /article/31752

Gulin S.B., Mirzoyeva N.Yu., et al. Secondary radioactive contamination of the Black Sea after Chernobyl accident: recent levels, pathways and trends. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2013. Vol. 124. P. 50–56.

Harvey B.K., Ibbett R.D., et al. Analytical procedures for the determination of strontium radionuclides in environmental materials. *Aquatic Environmental Protection: Analytical Methods*. Lowestoft, 1989. 33 p.

Mirzoyeva N.Yu., Egorov V.N., Polikarpov G.G. Distribution and migration of ^{90}Sr in components of the Dnieper River basin and the Black Sea ecosystems after the Chernobyl NPP accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2013. Vol. 125. P. 27–35.

Mirzoyeva N., Gulin S., et al. Radiochemoecological Monitoring of the Salt Lakes of the Crimea. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*. 2014. Vol. 88 (supp. 1). P. 155–157.

Mirzoyeva N., Gulina L., et al. Radionuclides and mercury in the salt lakes of the Crimea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 2015. № 33(6). P. 1413–1425.

Polikarpov G.G., Lazorenko G.E., et al. The Northern-Crimean Canal as a model object of radioecological study the transport of the Chernobyl radionuclides to the Black Sea // *Морской гидрофизический журнал*. 2015. № 3. С. 27–36.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

А.В. Мохов, В.В. Трощенко

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
mokhov_av@mail.ru, vtrosh@ssc-ras.ru

Регион Восточного Донбасса испытывает перманентный дефицит питьевых и технических подземных вод, что отрицательно сказывается на его развитии. Водоснабжение здесь базируется на использовании поверхностных и подземных вод, ресурсы которых по качеству во многих случаях не отвечают требованиям пользователей без глубокой водоподготовки.

Слабая естественная ресурсная обеспеченность водой питьевого назначения, а также техническими водами предопределена в основном засушливым характером территории, неблагоприятными гидрогеологическими и гидрологическими условиями. Техногенные факторы, включая нерациональное водопользование, сужают ресурсный потенциал водоснабжения, которое базируется в основном на использовании поверхностных вод.

Прогрессирующее потепление климата усиливает негативный тренд в динамике ресурсной базы водоснабжения, вызывая сокращение как поверхностного, так и подземного стока. Стало обычным резкое снижение запасов воды в речных водохранилищах региона, их обмеление, нарушение возможности нормального водозабора из них, полноценного водоснабжения за счет этих источников, особенно в летний период.

Несмотря на поступательное сокращение промышленного и сельскохозяйственного производства, большое значение сохраняют техногенные факторы, которые влияют на качество, а также на количественные аспекты ресурсов, переход питьевых вод в категорию технических.

Основное значение имеет поступление в поверхностную и подземную гидросеть загрязненных бытовых и производственных жидких стоков. В регионе Восточного Донбасса значительную часть последних составляют шахтные воды десятков ликвидированных и четырех действующих шахт, сточные воды других немногих сохранившихся объектов угольного комплекса (породные отвалы и пруды-отстойники шахт, обогатительные фабрики, ТЭС и ТЭЦ).

Поступление шахтных вод в гидросеть имеет в основном локальный характер, тяготея к отдельным шахтам и их кустам, однако имеет тенденцию к расширению по площади.

Непосредственно в углепромышленных регионах, где в недавнем прошлом велась активная эксплуатация угольных залежей, влияние ликвидированных и действующих предприятий угольного комплекса может играть роль фактора первостепенной значимости.

Подобная ситуация сформировалась, например, у гг. Шахты, Новошахтинск, Белая Калитва, Красный Сулин, Гуково, Донецк (РФ), где в выработках ликвидированных угольных шахт на площадях во многие десятки квадратных километров сформировались подземные водные объекты, содержащие десятки миллионов кубический метров довольно минерализованной воды. Скопившаяся вода по показателям качества совершенно непригодна для хозяйственно-питьевого использования, имеет ограниченное применение в технических целях. Эти объекты являются источниками загрязнения подземных и поверхностных вод, других компонентов окружающей среды в результате откачки (из выработок шахт им. С.М. Кирова, Глубокая, Бургустинская и др.), естественного выделения на поверхность (из шахт Комиссаровская, Аютинская, Степная и др.) или самопроизвольного растекания шахтных вод в недрах [Мохов, 2011]. С их формированием связаны подтопление земной поверхности, резкое увеличение минерализации и загрязненности подземных и поверхностных вод. Подтопление все шире распространяется на новые площади, способствуя выводу мелких водозаборов поверхностных и подземных вод из хозяйственного оборота.

Отметим, что минерализация шахтных вод действующих шахт составляет обычно 3–6 г/л, ликвидированных – не менее 5 г/л (до 24 г/л), содержание в них взвешенных веществ десятки

и сотни, железа (общего) – до 1700 мг/л, имеются другие опасные ингредиенты, нередко в концентрациях многократно выше допустимых для вод хозяйственно-питьевого назначения.

Перед сбросом в гидросеть или рельеф эти воды проходят во многих случаях очистку (нейтрализация, удаление взвешенных веществ и соединений железа, обеззараживание), что практически не изменяя их минерализацию и химический состав, мало отражается в позитивном смысле на их «вредность» для окружающей среды и источников водоснабжения, в частности.

Общий годовой вынос растворенных веществ в гидросеть с шахтными водами (их объемы составляют несколько десятков миллионов кубических метров ежегодно) в Восточном Донбассе составляет в начале текущего тысячелетия 280–300 тысяч тонн.

Снижение количества атмосферных осадков, усиление его неравномерности в годовом разрезе отражаются на работе водоотливов, естественном выделении шахтных вод.

Под влиянием поступления производственных и бытовых жидких стоков многие крупные и средние реки области (Кундрючья, Лихая, Кадамовка, Малая и Большая Каменка, Аюта, Атюхта, Бургуста и др.) в результате загрязнения вредными и токсичными веществами резко снизили водохозяйственное значение и рекреационную ценность и одновременно превратились во вторичные источники загрязнений окружающей среды. Роль шахтных вод в стоке этих рек значительна, в ряде случаев (реки Бургуста, Лихая, Малая Каменка, Аюта, Кадамовка) – вплоть до определяющей. Минерализация воды этих рек в межень находится на одном уровне с водами питающих шахт, макрокомпонентный химический состав часто довольно сходен.

Серьезному загрязнению подвергаются воды рек Северский Донец и Дон. По отдельным показателям вода первой из них не отвечает требованиям к питьевым водам, в частности, может иметь сухой остаток свыше 1,5 г/л. Загрязнение реки весьма негативно влияет на кондиционность добываемых крупными инфильтрационными водозаборами подземных вод в ее долине, примеры чего имеются в Белокалитвинском районе.

Оказались сильно загрязненными примыкающие к рекам части горизонтов подземных вод, вследствие замещения ограниченно пригодных для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения природных вод техногенными. Ситуация усугубляется отсутствием альтернативных источников водоснабжения большинства населенных пунктов.

Большое влияние на характеристики качества поверхностных и отчасти – подземных вод и, соответственно, на ресурсную базу гидросферы оказывает водоотведение из ликвидированных «мокрым» способом (то есть с практически полным затоплением горных выработок) шахт. Пункты сброса (поступления) таких вод превращаются в места коренной трансформации состояния водотоков и водоемов. Здесь и ниже по течению происходят отложение из шахтных вод растворенных и взвешенных веществ, смешение техногенных и природных вод, гарантированы насыщение последних минеральными и органическими веществами, микроорганизмами, ухудшение потребительских свойств водных объектов.

К числу преобладающих ингредиентов загрязнений природных вод следует отнести частицы горных пород и угля, ионы SO_4^{--}, HCO_3^-, Cl^-, Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+, соединения Fe и Mn, нефтепродукты.

Укажем на экзотические аспекты сокращения поступления шахтных вод в гидросеть.

Так, в настоящее время после прекращения работы шахтных водоотливов к началу 2016 г. развивается затопление выработок куста шахт у г. Гуково. Соответственно вплоть до завершения затопления или организации водоотведения из этих шахт какое-либо участие их вод в формировании ресурсной базы поверхностных вод прекращено, что затрудняет работу ряда водозаборов из принимающих рек и водоемов.

Приходится констатировать общий рост негативных техногенных нагрузок на гидросферу.

Ряд защитных мер, прежде всего, откачка (выпуск) из шахт и очистка откачиваемой отсюда воды привели к ухудшению экологической обстановки, состояния поверхностных и подземных вод региона. Продолжение этих мер без нейтрализации вредного влияния отведения будет способствовать ухудшению состояния и потребительских свойств природных вод.

Продолжится естественное распространение шахтных вод по подземным каналам. Геоструктурные особенности Восточного Донбасса предопределяют в целом распространение

шахтных вод в направлении «северо-запад – юго-восток» – по основному простиранию основных тектонических элементов региона [Погребнов и др., 1985; Мохов, 2011; 2006].

Вместе с тем можно с уверенностью сказать, что часть объектов справляется с мощным геоэкологическим прессом и балансирует на грани приемлемого качества воды. Это относится к крупнейшим рекам региона Дон и Северский Донец [Никаноров, 2004], способным в силу своей высокой водности к разбавлению сточных вод. Эти и ряд других рек не утратили способности к самоочищению в отношении не только таких нестойких ингредиентов, как взвешенные вещества и соединения закисного железа, водородный показатель, но также общей минерализации и содержания других компонентов состава [Мохов, 2006]. Однако ситуация далека от оптимистичной, и возможно быстрое ее изменение даже в отношении такой реки как Дон. Так, планируемое строительство Багаевского гидроузла ниже впадения в р. Дон Северского Донца приведет к накоплению в илах верхнего бьефа гидросооружения вредных веществ, ослаблению их нейтрализации природными процессами.

Вполне очевидно, что для решения задач охраны водных объектов необходимо проводить активную стратегическую линию.

Максимальные усилия в гидрогеологическом аспекте должны быть сосредоточены на борьбе с влиянием шахтных вод на качество водных ресурсов. Эти меры должны быть дополнены сокращением потерь добытой воды при ее транспортировке – доставке потребителю, которые вследствие изношенности водоподводящих коммуникаций могут превышать половину направляемого объема особо ценных питьевых вод.

Ввиду повышенной опасности отведения воды из затопленных шахт считаем первоочередной задачей принятие мер по его ослаблению и на ряде объектов – полному прекращению. Нарастание различных, прежде всего, финансовых проблем приведет к прекращению работы водоотливов, что уже вступает в стадию практической реализации.

В этой связи, не прекращая защиту поверхностной гидросети от поступления загрязненных шахтных вод путем снижения содержания в них взвешенных веществ, железа и нейтрализации, необходимо осуществить частичный пересмотр мер по очистке с переходом на новые технологии, также использовать выявленные на ряде объектов региона особенности формирования и неоднородность химического состава и минерализации шахтных вод в системе затопленных горных выработок. Важным моментом является здесь вертикальная стратификация ряда показателей состава, развитие на толще высокоминерализованной шахтной воды плавающей линзы пресных вод метеорного происхождения [Мохов, 2003; 2006; 2012].

Приведенные данные диктуют актуальное приоритетное направление снижения дефицита хозяйственно-питьевых и технических вод – решение экологических вопросов, возникших в связи с деятельностью и ликвидацией угольных шахт, прежде всего на основе мер локального характера. Проблемным в этой связи является научное обеспечение мер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Мохов А.В. О растекании шахтных вод из затопленных угольных шахт в недрах // *Доклады РАН*. 2011. Т. 438. № 4. С. 494–496.

Мохов А.В. О гидрогеохимической структуре водного объекта в затопленных выработках каменноугольных шахт // *Доклады РАН.* 2012. Т. 445. № 3. С. 324–326.

Мохов А.В. Современное состояние важнейших элементов экологической обстановки в Восточном Донбассе и тенденции его изменения в связи с ликвидацией угольных шахт (гидродинамические и гидрохимические аспекты) // *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. 1: Геология* / под ред. акад. Г.Г. Матишова. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 164–180.

Мохов А.В. Факторы и тенденции формирования высокоминерализованных железистых вод в затопленной шахте «Комиссаровская» (Восточный Донбасс) // *Геология угольных месторождений:* межвуз. науч. тем. сб. Екатеринбург: УГГА, 2003. С. 275–286.

Никаноров А.М. Современное состояние и тенденции долговременных изменений качества поверхностных вод суши Азово-Черноморского бассейна // *Вестник ЮНЦ. Пилотный выпуск.* 2004. С. 61–69.

Погребнов Н.И., Очеретенко И.А., Трощенко В.В. *Структурная геология Донецкого бассейна*. М.: Недра, 1985. 149 с.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ

Е.И. Назимко[1], А.Н. Корчевский[2], Г.В. Чудаева[2], С.В. Малько[1]

[1] Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия
[2] Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
ele-nazimko@ukr.net

В современном мире одной из насущных экологических проблем является постоянный рост объемов самых разнообразных отходов. На каждого жителя планеты добывается около 20 т/год сырья, которое перерабатывается в продукты потребления. Для этого необходимо 2,5 кВт энергии и 3 т воды. Но 90–98 % материала идет в отходы. Исследователи считают, что годовое увеличение количества отходов на душу населения в России составляет около 5 %, что выше скорости роста населения в 3 раза [Великанов, 2009].

Как основной способ обезвреживания многих видов отходов используется самое простое решение – захоронение на полигонах. Однако этот метод требует значительных земельных площадей, капиталовложений, транспортных и эксплуатационных затрат. Продукты разложения отходов могут проникать в почву, загрязняют источники воды, отрицательно влияют на флору и фауну водоемов, на экологический баланс в природе и в конечном итоге на здоровье людей.

Еще одним крупным источником загрязнения и засорения водоемов являются недостаточно очищенные сточные воды. Эти отходы содержат загрязняющие вещества в нерастворенном, коллоидном или растворенном виде и представляют собой сложные гетерогенные системы, в которых вещества, находящиеся в разных фазах, могут взаимодействовать между собой.

Решение проблем использования и сохранения водных ресурсов, природного богатства в целом и здоровья людей заключается в снижении негативного воздействия отходов на окружающую среду.

Известно, что многие виды отходов содержат большой спектр ценных компонентов, извлечение которых снизит техногенную нагрузку на окружающую среду [Назимко, Корчевский, 2015]. В частности, отходы электронной промышленности и кабельный лом, содержащие медь, цинк, свинец, алюминий, драгоценные металлы, могут использоваться как вторичное сырье [Бредихин и др., 2006]. Возникает задача выделения этих компонентов из общей массы отходов.

В ряде отраслей промышленности разработаны различные сепарационные технологии для смесей материалов, которые вполне можно применить и для отходов. Например, для кусковых твердых отходов возможно разделение гравитационными методами [Корчевский, 2008]. Они основаны на отличии в скоростях движения частиц в какой-либо среде, чаще в воздушной. Для сточных вод выделение загрязнений выполняют фильтрованием, а также физико-химическими процессами, одним из которых является флотация.

Определение рациональных параметров ведения технологических процессов разделения основывается на результатах теоретических и экспериментальных исследований. Одним из видов исследований является численное имитационное моделирование с помощью метода дискретных элементов (МДЭ) и пакета компьютерных программ [Cundall, Strack, 1979].

В основу работы пакета положены фундаментальные законы механики и теории упругости тел – второй и третий законы Ньютона и закон Гука. Алгоритм расчета предполагает замену реальных частиц сферическими элементами, которые перемещаются и взаимодействуют при столкновениях (рис. 1).

Размер частиц задается радиусами R_1 и R_2. Элементы перемещаются под действием сил F_1 и F_2. При столкновениях частиц возникает их вращение за счет моментов M_1 и M_2.

Взаимодействие рассматривается в прямоугольной системе координат. Достоверность результатов моделирования обеспечивается соблюдением динамического, кинетического и геометрического подобия [Гарковенко и др., 2002; Nazimko et al., 2006].

Геометрическое подобие обеспечивается равенством соотношения размеров взаимодействующих элементов в натуре и в модели. Динамическое подобие выполняется соблюдением определенного масштаба, под которым подразумевается подобие сил, скоростей и ускорений в натуре и в модели. Кинематическое подобие предполагает подобие траекторий движения точек в натуре и в модели, при этом скорости и ускорения должны отличаться в одинаковое число раз. В кинематическом подобии присутствует масштаб по времени. Кроме того, обеспечиваются соответствие начального состояния исследуемой системы в натуре и в модели, а также последовательность протекающих процессов.

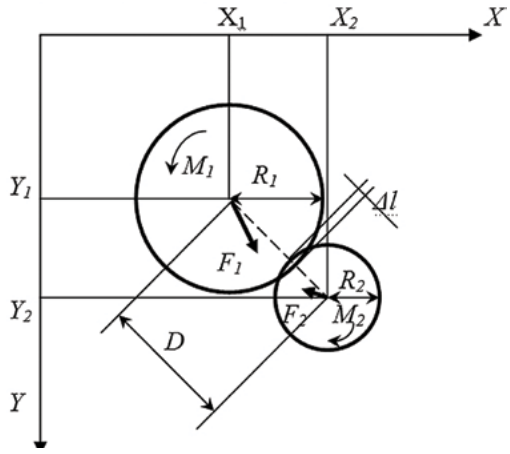


Рис. 1. Взаимодействие двух элементов – исходная схема МДЭ

В исходном файле задаются начальные скорости движения элемента вдоль осей, начальная скорость вращения, ускорения. Кроме того, вводится целый ряд коэффициентов, отражающих свойства разделительной среды и элементов: коэффициенты трения качения и скольжения, вязкостного сопротивления, сопротивления кручению, касательной и нормальной жесткости и другие. Таким образом задаются параметры движения и свойства элементов, которые влияют на показатели разделения в технологических процессах.

В ходе имитационного исследования циклически выполняется перебор параметров каждого элемента. Вычисляются силы, их моменты, поворачивающие элементы, определяются скорости и ускорения на каждом цикле счета. Затем элементы перемещаются на новые позиции в соответствии с действующими на них силами.

Равнодействующая сил возникает от действия силы тяжести, Архимедовой (расположения) силы, силы сопротивления среды, а также от влияния смежных элементов – «соседей».

Алгоритм выполнения операций можно представить в следующем упрощенном виде. Из общих законов физики известно, что сила, действующая на элемент на определенном цикле счета n, связана с массой элемента и ускорением соотношением:

$$F_n = a_n m, \quad (1)$$

где F_n – сила, действующая на элемент, m – масса элемента, a_n – ускорение элемента, n – номер цикла счета.

Ускорение и скорость элемента на n-ном цикле счета определяются как:

$$a_n = \frac{F_n}{m}; \quad (2)$$

$$Vn = \int_o^t a_н dt. \quad (3)$$

Здесь dt – приращение времени за один цикл счета, с.

Пользователь задает приращение времени Δt, равное 10^{-4}–10^{-6} с, которое при очень малых значениях в пределе стремится к dt.

После определения скорости рассчитываются изменения координат центра тяжести элемента:

$$\Delta X_n, \Delta Y_n = \int_o^t V_n dt. \quad (4)$$

Далее программа переходит на следующий цикл счета, определяются новые координаты центра тяжести элемента:

$$X_{n-1}=X_n+\Delta X_n, \ldots Y_{n+1}=Y_n+\Delta Y_n. \quad (5)$$

На основании расчетов элементы перемещаются в новые координаты и определяются новые значения равнодействующей сил, появляющихся от взаимодействия элементов:

$$F_{n+1}=k\,\Delta L_n. \quad (6)$$

где k – коэффициент демпфирования, учитывающий сопротивление среды, а также потери энергии при взаимодействии элементов, жесткость материала элементов и другие параметры, Δl_n – перекрытие поверхностей элементов, возникающее при столкновениях и взаимодействии.

На новом цикле счета выполняется пересчет параметров для элементов по соотношениям (1–6), приведенным выше, исходя из величины силы F_{n+1}. Затем элементы перемещаются к следующей позиции, соответственно приращению компонентов скорости и времени. После перемещения элемента в новое положение за один цикл расстояние D между центрами тяжести смежных элементов изменяется и нахлестка (перекрытие) ΔL определяется заново.

Результатом моделирования являются анимационные изображения на мониторе и цифровые файлы, которые содержат координаты центров тяжести элементов, углы поворота их радиусов в каждый момент времени счета.

По данным численного исследования определены рациональные технологические параметры работы вибрационного пневматического сепаратора, который использовался для разделения компонентов отходов лома кабеля – алюминия и резины. Для этого процесса важным технологическим параметром настройки является разрыхленность материала в рабочей камере сепаратора. Из анимационных фрагментов состояния модели следует, что при плотной упаковке разделение частиц происходит неудовлетворительно. Мелкие частицы резины защемляются между более крупными частицами алюминия и наоборот. Эти конгломераты находятся длительное время в средней части сепаратора, перегружая его и снижая эффективность разделения. При высокой разрыхленности разделение заканчивается за принятое время моделирования. Сопоставление результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными показало удовлетворительную сходимость.

Модель применялась и при исследовании процесса флотационного извлечения загрязнений из сточных вод [Назимко, Чудаева, 2016].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Кафтоненко А.Я. *Медь вторичная*. Донецк: ДонНТУ, 2006. 416 с.

Великанов Н.Л., Великанова М.Н., Колобов А.В. Очистка сточных вод свалок твердых бытовых отходов, отдельных зданий и сооружений // *Изв. Калининградского гос. технич. ун-та.* Калининград, 2009. № 15. С. 60–64.

Гарковенко Е.Е., Назимко Е.И., и др. *Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов.* Донецк: Норд-Пресс, 2002. 266 с.

Корчевский А.Н. Исследование условий разделения лома цветных металлов гравитационными методами // *Научные работы Донецкого национального технического университета.* Донецк: ДонНТУ, 2008. Вып. 15(131). С. 98–104.

Назимко Е.И., Корчевский А.Н. Использование отходов цветных металлов как фактор снижения техногенной нагрузки на окружающую среду // *Актуальные проблемы социального, гуманитарного и научно-технического знания*. 2015. № 2. С. 97–99.

Назимко Е.И., Чудаева Г.В. Применение флотации при очистке сточных вод // *Научные механизмы решения проблем инновационного развития:* сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2016. С. 254–259.

Cundall P.A., Strack D.L. A discrete numerical model for grannular assemblies. *Geotechnique*. 1979. Vol. 29. Issue 1. P. 47–65.

Nazimko L.I., Garkovenko E.E., et al. Kinetics of Phases Interaction during Mineral Processing Simulation. *Proceedings of XV Int. Congr. of CP.* China, 2006. Vol. 2. P. 785–798.

НЕКОТОРЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ (неизученные и слабоизученные проблемы)

А.М. Никаноров

Южный (Гидрохимический) отдел Института водных проблем РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону, Россия
info@iwp.ru, info@gidrohim.com

Общей теории формирования состава вод поверхностной гидросферы к настоящему времени не создано. Возникает вопрос: возможно ли в принципе на современном уровне знаний о пресноводных экосистемах создать общую теорию формирования химического состава природных вод, включающую все факторы и процессы, о которых нам известно, что они участвуют в формировании состава поверхностной гидросферы Земли?

Ответ неоднозначный. Решение этой задачи связано с большими трудностями, с которыми приходится сталкиваться при формализации понятий и точного описания природных процессов, происходящих в пресноводных экосистемах. Все, что определяет функционирование природных водных объектов, регулируется и управляется множеством одновременно действующих и непрерывно меняющихся процессов и факторов как в самом водном объекте, так и на его водосборе.

Их можно разделить на 6 следующих основных групп: ***физико-географические*** (рельеф, климат, выветривание, почвенный покров и др.); ***геологические*** (состав горных пород, тектоника, гидрогеологические условия, активность магматических процессов и др.); ***гидрологические*** (подземный и поверхностный водный сток с территории водосбора, перенос растворенных и взвешенных веществ в составе природной воды, режим водного стока); ***физико-химические*** (химические свойства элементов, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, катионный обмен и смешение вод и др.); ***химико-биологические*** (деятельность живых организмов и др.); ***искусственные или антропогенные*** (все названные выше группы и факторы, связанные с деятельностью человека).

Указанные факторы и процессы разбиваются на ***главные и второстепенные, прямые и косвенные.*** Число факторов и процессов исчисляется десятками и сотнями. Однако основная фундаментальная особенность поверхностной гидросферы остается неизменной – все факторы и процессы, или по крайней мере большинство из них, действуют одновременно и непрерывно. Иными словами, поверхность суши, на которой функционируют водные экосистемы, является ареной одновременного воздействия на экосистемы всех оболочек Земли – атмосферы, литосферы и биосферы.

Несмотря на многочисленность одновременного действия указанных процессов и факторов, в водных экосистемах есть, по нашему мнению, несколько обобщающих фундаментальных характеристик их состояния, без учета, изучения и описания которых создание общей теории формирования состава вод поверхностной гидросферы невозможно. Более того, многолетний опыт наших исследований в области гидрохимии приводит нас к пониманию того факта, что часть законов, описывающих неживые (физические) системы, применимы к объектам поверхностной гидросферы.

Неопределенность гидрохимических процессов. Рассмотрим некоторые из фундаментальных условий состояния водных систем. Одновременное действие многих факторов и процессов в наземных водных экосистемах, формирующих, с одной стороны, их относительную стабильность, в то же время существенно затрудняет возможное точное определение и измерение современными приборами и методами в выбранный момент време-

ни каждого из этих процессов. Эти трудности приводят к важному следствию – ***большой неопределенности в оценках состояния водных экосистем***.

Между тем неопределенность не является исключительным свойством только многокомпонентных природных экосистем. Такой же особенностью, что было установлено и доказано ранее, характеризуются физические (косные) системы, ***описываемые квантовой теорией, которая относит неопределенность к фундаментальным основам строения материи.***

В квантово-механических системах согласно принципу неопределенности Гейзенберга последняя создается, например, в условиях, когда такие физические величины, как координата и импульс, не могут одновременно принимать точные значения, отражая двойственную корпускулярно-волновую природу частиц материи (электронов, протонов и др.). В отличие от этих систем в природных водных экосистемах наблюдается структурная, но не смысловая аналогия, когда формируется многократно большая неопределенность, при которой частицы внутри водной экосистемы (компоненты, входящие в структуру водной толщи, взвешенные частицы и органо-минеральные комплексы в природной воде и др.) аналогичным образом не принимают точные значения и не могут быть все одновременно определены (измерены) современными приборами и методами. Добавим к этому биологические и физико-химические процессы, в которые вовлекаются частицы и элементы водной массы. Последние также не могут одновременно принимать точные значения и быть определены в те или иные моменты времени.

Таким образом, возвращаясь к вопросу о теории формирования состава природных вод, полагаем, что она должна основываться на таком же фундаментальном, как для физических систем свойстве – ***принципе неопределенности***, общепризнанном основополагающем научном критерии оценки их состояния.

Применительно к водным экосистемам принцип неопределенности можно сформулировать следующим образом: ***вероятностное состояние каждого из элементов водной экосистемы невозможно одновременно определить (замерить), однако это можно сделать, если замерять показатели каждого элемента в отдельности.*** Указанный принцип можно считать ***первым фундаментальным свойством*** водных экосистем.

Говоря о формировании химического состава природных вод, необходимо учитывать также законы гидравлики, смешения вод, растворения, осаждения. Другими словами, в природных водных объектах законы классической химии и гидротермодинамики для оценки процессов миграции и трансформации химических компонентов состава вод применяться не могут. В водных экосистемах невозможно не только практически, но и с одинаковой точностью установить (замерить) концентрацию какого-либо иона и величину движения этого иона в воде. Только одно из этих значений можно определить точно. Никогда нельзя одновременно знать, где находится тот или иной компонент химического состава воды и в каком направлении он движется.

Аналогичным образом протекают и другие процессы в водных экосистемах: химические реакции растворения и осаждения минеральных частиц и органических веществ, распада органо-минеральных комплексов, миграции и трансформации компонентов состава вод, взаимодействия между водой и гидробионтами, химико-биологические и другие процессы. Это значит, что в природной экосистеме в один и тот же момент времени, то есть одновременно, вследствие неопределенности нельзя определить концентрацию любого вещества и скорость ее изменения. Иными словами, концентрация вещества меняется практически мгновенно и в любой момент времени является неопределенной.

Имеется еще одно отличие физических от экологических систем: ***точности замеров в природных экосистемах всегда мешает интегрированное взаимное влияние физических, химических и биологических процессов*** (назовем его фактором «мешающего влияния»). Действие этих факторов при их комбинировании в одних случаях может суммироваться (аддитивное или независимое действие), в других – ослабляться (антагонизм) или усиливаться (синергизм).

Другой особенностью водных экосистем, о которой уже упоминалось, является ***непрерывность*** происходящих в них изменений, в связи с множественной природой структуры воды и вмещающих ее компонентов (биотических и абиотических). Это можно отнести ко ***второму фундаментальному свойству водных экосистем***.

Непрерывность отражает вероятностный характер существования экосистем, их постоянное эволюционное развитие и изменения, которые происходят под действием сезонных и суточных циклов, сопровождаемых колебаниями температуры, давления, гидрометеорологических параметров и других факторов. Иными словами, принцип экологической неопределенности выражается не в двойственной, как для физических систем, а существенно более сложной, множественной структуре элементов водных экосистем, отражая, с одной стороны, множественную природу воздействия на их параметры, а с другой, – множественность одновременного протекания внутриводоемных процессов (физических, химических и биологических).

Говоря о внутриводоемных процессах, нельзя не отметить ***третью особенность водных экосистем***, которая, на наш взгляд, также должна быть отнесена к фундаментальным. Это ***постоянное взаимодействие всех компонентов водной среды, без учета которого нельзя описать даже общее состояние экосистем***. Например, взаимодействия между водной экосистемой и атмосферой. Здесь превалируют физические и химические процессы (перенос молекул воды в атмосферу и выпадение в виде капель, растворение газов – азота и кислорода в воде и другие); взаимодействия между водой и донными отложениями (осаждение взвешенных веществ с адсорбированными ионами, физико-химические и микробиологические процессы на границе вода – донные осадки и др.). Наконец, третий вид взаимодействий – это химико-биологические процессы, протекающие в воде в результате жизнедеятельности гидробионтов (фито-, зоо-, бактериопланктон, водная растительность). Этот вид взаимодействий имеет свои специфические особенности, влияя на баланс растворенных в воде газов и формирование минеральных (тяжелые металлы и др. ионы) и органических веществ в воде.

Все виды взаимодействий в водных экосистемах определить непросто. Этот вопрос применительно к водным экосистемам совершенно не изучен и требует специального исследования. Однако, классифицируя их с других позиций, как нам представляется, можно выделить ***сильные, слабые, гравитационные, кратковременные и долговременные*** взаимодействия. Возможны и другие виды. Теоретически можно представить, что есть и ***мгновенные*** взаимодействия. Однако отнесение к тому или иному классу взаимодействия, в которых учитывается время, абсолютно условно, так как такие классификации зависят от масштабов времени.

В неравновесных системах, к которым относятся водные экосистемы, химическое равновесие неустойчиво, скорости прямой и обратной реакций непрерывно меняются, поскольку в водных экосистемах сдвиг химического равновесия происходит постоянно вслед за непрерывно меняющимися температурой, давлением, концентрациями ионов десятков и сотен химических веществ, растворенных в воде.

Названные выше проблемы современной теоретической гидрохимии далеко не все, которые можно отнести к фундаментальным. Их значительно больше. На современном уровне изучения водных экосистем (не выполняются единые методы отбора проб, отсутствие оснащения лаборатории современными приборами для исследования химического состава вод, отсутствие единых методик химико-биологических и токсикологических исследований), все названные трудности и проблемы пока приводят к тупиковым результатам при попытках создания общей теории формирования состава природных вод. Требуется перестройка государственной системы мониторинга качества вод, новая система контроля и управления водными ресурсами, нужны новые подходы для решения фундаментальных задач теоретической и прикладной гидрохимии.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ ФОСФОРА В СЕВЕРО-ЗАПАДНУЮ ЧАСТЬ ЧЁРНОГО МОРЯ

А.В. Пархоменко[1], А.С. Кукушкин[2]

[1]Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
[2]Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия

В последние десятилетия убедительно показано, что процессу эвтрофикации в основном подвержены воды прибрежной зоны Чёрного моря в местах расположения точечных наземных источников. Северо-западная часть Чёрного моря (СЗЧМ), в отличие от других его районов, в наибольшей степени подвержена антропогенной нагрузке биогенными элементами (азота и фосфора), что обусловлено их поступлением с речными и промышленно-бытовыми стоками, смывом удобрений с полей, атмосферными осадками, а также их поступлением из донных осадков [Гаркавая, Богатова, 2006]. На долю химических загрязнений, поступающих в СЗЧМ с речным стоком, по разным оценкам приходится от 70 до 80 % от общего количества загрязнений [Еремеев и др., 2001]). Высокий уровень химического загрязнения СЗЧМ связан не только с уровнем поступающих загрязняющих веществ, но и с географическими ее особенностями (полузамкнутый район моря со средней глубиной 50 м, относительно небольшая площадь, равная 51 500 км^2 и составляющая 12 % всей площади моря, и невысокий объем вод (2575 км^3) [Еремеев и др., 2001]. Очевидно, что при таких условиях СЗЧМ может сама являться источником поступления биогенных элементов, в том числе и антропогенного происхождения, в открытую часть Чёрного моря.

Цель исследований состояла в оценке общего потока поступления фосфора с учетом среднегодовой площади шельфа, подверженной влиянию трансформированных речных вод, в период наибольшей антропогенной нагрузки (1980–1995 гг.).

Для оценки области распространения трансформированных речных вод на шельфе СЗЧМ использовали многолетние данные по распределению солености из банка данных Морского гидрофизического института РАН (около 55 тысяч измерений в период с 1947 по 2010 г.). Среднегодовую величину площади шельфа, занимаемую этими водами, рассчитывали по расположению изохалины 17 ‰ [Большаков, 1970].

Расчет суммарного потока поступления фосфора в СЗЧМ проводили по среднегодовым значениям первичной продукции, полученной в разных районах СЗЧМ в период 1973–1997 гг. [Демидов, 2008], когда антропогенная нагрузка в СЗЧМ была наибольшей. В качестве критерия оценки трофности исследуемых вод использовали среднегодовые величины первичной продукции, принимая, что в олиготрофных водах среднегодовая величина этого показателя составляла 70, мезотрофных – 150, эвтрофных – 365 гСм$^{-2}$год$^{-1}$ [Виноградов, Шушкина, 1988; Мартынова, 1988]. В зависимости от уровня трофности вод среднегодовые величины «новой» и регенерационной первичной продукции рассчитывали по их процентному отношению от суммарной среднегодовой первичной продукции. Так, для мезотрофных вод это отношение принимали равным 40 и 60 % [Пархоменко, 2006], для эвтрофных вод – 70 и 30 % [Мартынова, 1988] соответственно. Суммарный поток поступления фосфора рассчитывали по среднегодовой величине «новой» первичной продукции, используя для перехода от углеродных к фосфорным единицам весовое соотношение потоков поглощения углерода и фосфора фитопланктоном C:P=41:1.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлена карта-схема СЗЧМ с выделенными районами (придунайский, северный, юго-западный и центральный), которые в различной степени подвержены влиянию трансформированных речных вод. Размеры области влияния этих вод на шельфе были ограничены береговой линией и изохалиной 17 ‰ (рис. 1, 2).

Из рисунке 2 видно, что придунайский и северный районы шельфа в течение года постоянно находились под влиянием речного стока и их площади составляли 5900 и 3100 км^2

соответственно. Площадь центрального и юго-западного районов с трансформированными речными водами в значительной степени зависела от сезона года (табл. 1). Так, минимальная площадь распространения трансформированных вод в этих районах отмечалась в зимний период, весной она увеличивалась, летом достигала максимальных величин и несколько снижалась осенью при среднегодовой величине, равной 16 140 и 4200 км^2 соответственно. Среднегодовая площадь шельфа СЗЧМ, занимаемая трансформированными водами, составляла 29 340 км^2 , или 57 % от общей площади СЗЧМ.

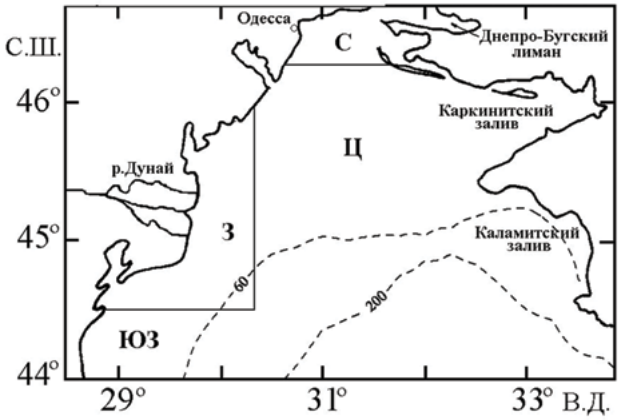


Рис. 1. Районы северо-западной части Чёрного моря
Примечания: западный (З), северный (С), центральный (Ц), юго-западный (ЮЗ) и участок шельфа, ограниченный изобатами 60–200 м. Штриховой линией обозначены изобаты 60 и 200 м

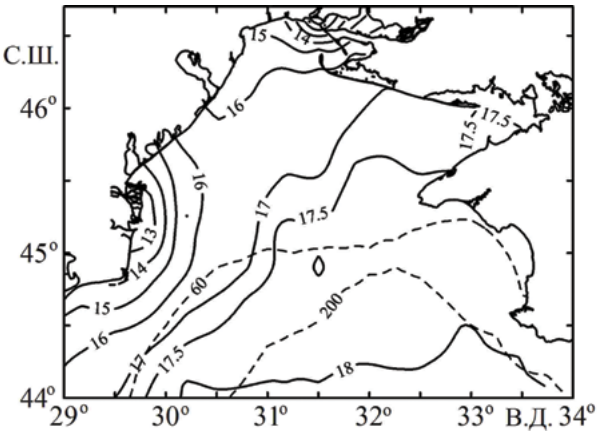


Рис. 2. Пространственное распределение среднегодовых величин солености в поверхностном слое СЗЧМ

Таблица 1. Среднегодовая и сезонная изменчивость площади (км^2) районов шельфа СЗЧМ, подверженных влиянию трансформированных речных вод

Районы	Зима	Весна	Лето	Осень	**Год**
Придунайский	5900	5900	5900	5900	5900
Северный	3100	3100	3100	3100	3100
Юго-западный	2400	4850	5800	2400	4200
Центральный	5980	15 000	19 000	12 430	16 140
Общая площадь	17 380	28 850	33 800	23 830	29 340

Оценка потоков поступления фосфора в СЗЧМ. Исходя из основных положений концепции о «новой» и регенерационной первичной продукции синтез «новой» продукции фитопланктона в открытых водах океана обеспечивается восходящим потоком биогенных элементов в зону фотосинтеза с глубинными водами, а регенерационной первичной продукции – за счет деструкционных процессов органического вещества. В отличие от глубоководной области моря в шельфовых водах СЗЧМ синтез «новой» первичной продукции обеспечивается за счет поступления биогенных элементов с речным стоком, промышленно-бытовыми стоками, с атмосферными осадками и их поступлением из донных отложений. В основу расчета потока поступления фосфора в СЗЧМ, необходимого для синтеза «новой» и регенерационной первичной продукции в области шельфа с трансформированными речными водами, были положены литературные данные по первичной продукции в СЗЧМ [Демидов, 2008]. Среднегодовая первичная продукция в придунайском районе составляла – 422 гСм^{2}год$^{-1}$, юго-западном – 297 гСм^{2}год$^{-1}$, центральном районе с глубиной менее 60 м – 184 гСм^{2}год$^{-1}$, а на участке между изобатами 60–200 м и на глубине более 200 м – 132 гСм^{2}год$^{-1}$. В работе [Демидов, 2008] северный район не выделялся, хотя по статусу трофности его воды соответствуют водам придунайского района со среднегодовой продукцией фитопланктона,

равной 422 гСм^{2}год$^{-1}$. Это следует из сравнения результатов многолетних исследований по сезонной изменчивости пространственного распределения хлорофилла *a* в поверхностном слое и эвфотической зоне [Кукушкин, 2013] в придунайском и северном районах, которое показало, что содержание хлорофилла *a* в этих районах было высоким и практически одинаковым. Подтверждением высоких величин первичной продукции в северном районе шельфа также служат практически одинаковые среднемесячные концентрации биогенных элементов в придунайском и северном районах [Геворгиз и др., 2005].

Рассчитанная годовая продукция фитопланктона на площади 29 340 км^2, занимаемой трансформированными водами, с величиной среднегодовой первичной продукции 272 гСм^{2}год$^{-1}$ составила 8 × 10^6 тСгод$^{-1}$ (табл. 2). «Новую» и регенерационную первичную продукцию для вод с эвтрофным статусом оценивали по процентному отношению 70 и 30 % от суммарной первичной продукции и их величины составили 5,6 × 10^6 и 2,4 × 10^6 тСгод$^{-1}$ соответственно. Для расчета потока поступления фосфора, необходимого для синтеза «новой» продукции фитопланктона, использовали среднегодовую ее величину и весовое соотношение потоков поглощения углерода и фосфора фитопланктоном, равное 41:1. По нашим оценкам, среднегодовой поток поступления фосфатов в СЗЧМ, необходимый для поддержания эвтрофного статуса трансформированных речных вод на всей площади их распространения, для синтеза «новой» продукции составлял 13 6585 тРгод$^{-1}$, а регенерационной продукции – 58 515 тРгод$^{-1}$ при общей величине потока поступления фосфатов в зону фотосинтеза – 195 100 тРгод$^{-1}$.

Таблица 2. Среднегодовые величины первичной продукции (ПП), годовой продукции фитопланктона (ГПФ) и среднегодовые величины потоков фосфора (Р), необходимые для синтеза ПП в исследуемых районах СЗЧМ с трансформированными речными водами (ТРВ)

Районы СЗЧМ	Площадь района, км^2	ПП, гСм^{2}год$^{-1}$	ГПФ, 10^6 тСгод$^{-1}$	Р, тРгод$^{-1}$
Придунайский	5900	422	2,5	61 000
Северный	3100	422	1,3	31 700
Юго-западный	4200	297	1,25	30 400
Центральный	16 140	184	2,95	72 000
Район с ТРВ	29 340	272	8,0	195 100

Поток поступления фосфора антропогенного происхождения, обеспечивающего эвтрофный статус вод шельфа с глубиной менее 60 м на площади, занимаемой трансформированными водами, равной 29 340 км^2, рассчитывали по разнице между потоком фосфора, необходимого для синтеза «новой» первичной продукции в эвтрофных шельфовых водах, и потоком фосфора, полученного для мезотрофных шельфовых вод со среднегодовой первичной продукции 132 гСм^{2}год$^{-1}$. В шельфовых водах с мезотрофным статусом среднегодовая первичная продукция на площади 29 340 км^2 составляла 3,87×10^6 тСгод$^{-1}$. По нашим расчетам, на участке шельфовых вод с мезотрофным статусом поток фосфатов, необходимый для обеспечения синтеза «новой» первичной продукции (40 % от 3,87×10^6 тСгод$^{-1}$), равной 1,55×10^6 тСгод$^{-1}$, соответствовал потоку поступления фосфатов 37 800 тРгод$^{-1}$. Для синтеза регенерационной первичной продукции (60 %), равной 2,32×10^6 тСгод$^{-1}$, необходим поток фосфатов, равный 56 600 тРгод$^{-1}$. Общий среднегодовой поток поступления фосфора антропогенного происхождения, обеспечивающий эвтрофный статус шельфовых вод в СЗЧМ на площади равной 29 340 км^2 составил – 98 785 тРгод$^{-1}$.

Таким образом, используемый в работе подход, основанный на изучении биотического цикла биогенных элементов (азота и фосфора) в пресноводных и морских водоемах, позволяет оценить не только потоки общего поступления фосфора в СЗЧМ, но и антропогенную его составляющую. Кроме того, этот подход позволяет проведение расчетов потоков выноса фосфора из СЗЧМ с последующим расчетом его годового баланса и оценки влияния антропогенной нагрузки биогенных элементов на экологическое состояние открытой части Чёрного моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков В.С. Трансформация речных вод в Чёрном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.

Виноградов М.Е., Шушкина Э.А. Общность продукционных процессов в пресноводных и морских экосистемах // *Гидробиолог. журнал*. 1988. Т. 25. № 3. С. 31–39.

Гаркавая Г.Н., Богатова Ю.И. Гидрохимические исследования: источники эвтрофирования // *Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология*. Киев: Наук. думка, 2006. С. 60–74.

Геворгиз Н.С., Кривенко О.В., Кондратьев С.И. Обобщение данных многолетних исследований содержания основных биогенных элементов в северо-западной части Чёрного моря за период 1980–2002 гг. // *Экологич. безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. Вып. 12. С. 177–187.

Демидов А.Б. Сезонная изменчивость и оценка годовых величин первичной продукции фитопланктона в Чёрном море // *Океанология*. 2008. Т. 48. № 5. С. 718–733.

Еремеев В.Н., Латун В.С., Совга Е.Е. Влияние антропогенных загрязнителей и путей их переноса на экологическую обстановку в северо-западном районе Чёрного моря // *Морск. гидрофиз. журн*. 2001. № 5. С. 41–55.

Кукушкин А.С. Изменчивость содержания взвешенного органического вещества в северо-западной части Чёрного моря // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 5. С. 626–642.

Мартынова М.В. *Закономерность процессов накопления, трансформации и выделения со дна водоемов соединений азота и фосфора*: автореф. дис. … докт. геогр. наук. Ростов н/Д: РГУ, 1988. 35 с.

Пархоменко А.В. Экскреция фосфора зоопланктоном в открытой части Чёрного моря // *Морск. эколог. журн*. 2005. № 4. С. 17–31.

ВЛИЯНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В КЛЕТКАХ *Fucus vesiculosus*

И.В. Рыжик[1], М.В. Колбеева[2]

[1] Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2] Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия
alaria@yandex.ru

В условиях загрязнения различными видами ксенобиотиков растения испытывают стрессовое воздействие, к которому организм со временем адаптируется или погибает. Одним из показателей нахождения организма в стрессовых условиях является увеличение в клетках активных форм кислорода (АФК). Подобные изменения сопровождаются повышением уровня перекисного окисления липидов (ПОЛ). Увеличение содержания в клетках продуктов ПОЛ приводит к снижению в мембранных липидах количества ненасыщенных жирных кислот и повышению проницаемости клеточных мембран, что может приводить к нарушениям структуры и функции клеток [Барабой, 1991]. Каталаза – фермент, отвечающий за обезвреживание избыточного количества в клетках живых организмов перекиси водорода. В последние годы повысился интерес к исследованию антиоксидантной системы макрофитов, и в частности каталазы. Сделан ряд работ, посвященных исследованию активности каталазы на южных водорослях [Шахматова, Мильчакова, 2007; Мильчакова, Шахматова, 2009], на северных водорослях исследование АОС практически не проводились.

Целью исследования являлось определение активности каталазы (АК) и накопление продуктов ПОЛ в клетках *Fucus vesiculosus* при воздействии дизельного топлива в эмульгированном состоянии.

Для эксперимента в весенний период отбирали 4–5-летние водоросли с литорали в районе поселка Абрам-мыс Кольского залива Баренцева моря.

Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях в термостатированной установке (постоянное освещение и температура 2–6 °С). Для определения влияния дизельного топлива на ферментативную активность в сосуды (объемом 3 л) с водорослями добавляли по 6 мл дизельного топлива (2 мл/л). Длительность эксперимента составляла 5 суток. Отбор проб проводили через 1, 4, 6 часов, 1, 3 и 5-е сутки. Для эксперимента использовали апикальную часть таллома (меристематическую и репродуктивную). Эксперимент завершился на момент стабилизации показателей.

В данной работе использовался модифицированный спектрометрический метод, в котором изменение активности каталазы основано на способности пероксида водорода формировать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс. Определение ТБК-активных продуктов ПОЛ в апикальных частях растений проводили по стандартной методике [Оленичено и др., 2008; Esterbauer, Cheesman, 1990]: рассчитывали содержание малонового диальдегида по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой.

В результате эксперимента показано, что интенсивность ПОЛ увеличилась в 1,5 раза в течение первых суток, на вторые сутки уровень достиг максимума и был в 3 раза выше, чем у контрольных растений. В дальнейшем уровень ПОЛ снижался и через 5 суток достиг начальных значений. Активность каталазы в течение первых суток эксперимента увеличивалась в 1,4 раза в апикальной части таллома и рецептакулах. В течение последующих суток АК в анализируемых участках таллома снижалась и достигала начального уровня. Можно также отметить, что активность каталазы в рецептакулах по истечении 6, 24 и 48 часов была немного ниже, чем в апикальной части.

Таким образом, в течение суток у водорослей активизируются защитные механизмы, позволяющие адаптироваться к действию токсиканта.

В последнее время получены новые данные о различных путях адаптации водных растений к воздействию стрессов химической природы. Были выделены две группы растений по отношению к воздействию токсикантов: виды-аккумуляторы и виды-отражатели. Виды-аккумуляторы не препятствуют проникновению токсических веществ в клетки своих талломов, адаптационные механизмы выражаются в общей инициации антиоксидантной системы, в активации АО ферментов и накоплении низкомолекулярных антиоксидантов, таких как глутатион, витамины А и Е, т.е. в увеличении общего антиоксидантного пула, способствующего нейтрализации поглощенных токсических веществ. Виды-отражатели формируют защитные механизмы, предотвращающие проникновение поллютантов в клетки организма. У них формируется более толстая клеточная стенка и наблюдается увеличение размеров клеток мезофилла [Мильчакова, Шахматова, 2009; Stepaniyan, 2008]. Эти изменения по сравнению с адаптационными процессами видов-аккумуляторов отличаются достаточно медленными темпами. Мы предполагаем, что *Fucus vesiculosus* можно отнести к видам-аккумуляторам, т.к. у них проявляется изменение активности систем и они теоретически могут включать нефтепродукты в свой метаболизм.

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что в течение первых суток увеличивается концентрация активных форм кислорода, являющихся сигнальными механизмами для запуска процессов адаптации к условиям загрязнения. Адаптация растений к условиям загрязнения формируется в течение первых суток воздействия нефтепродукта и проявляется в активизации ферментов АОС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // *Успехи соврем. биол.* 1991. Т. 11. Вып. 6. С. 923–931.

Мильчакова Н.А., Шахматова О.А. Каталазная активность массовых видов черноморских макроводорослей в градиенте хозяйственно-бытового загрязнения // *Морський екологічний журнал.* 2007. № 2. Т. VI. С. 44–57.

Олениченко Н.А., Городкова Е.С., Загоскина Н.В. Влияние экзогенных фенольных соединений на перекисное окисление липидов у растений пшеницы // *Сельскохозяйственная биология*. 2008. № 3. С. 58–61.

Шахматова О.А., Мильчакова Н.А. Активность каталазы черноморских видов *Cystoseira* C.AG. в различных экологических условиях // *Альгология.* 2009. Т. 19. № 1. С. 34–46.

Esterbauer H., Cheesman U. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxymalonaldehyde. *Methods in enzymology*. San Diego, 1990. Vol. 186. P. 302–310.

Stepaniyan O.V. Effects of crude oil on major functional characteristics of macroalgae of the Barents Sea. *Russian journal of Marine Biology*. 2008. Vol. 34. No 2. P. 131–134.

ПЛАНКТОН И БЕНТОС ВЕСЁЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА в 2015 г.

Л.М. Сафронова, Н.А. Шляхова, Л.Н. Фроленко, Д.Ф. Афанасьев, О.Л. Лужняк, Л.А. Живоглядова, Е.А. Ковалев, Д.В. Хренкин

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Ростов-на-Дону, Россия
gidrobiont.az@yandex.ru

Водохранилища Манычского каскада являются важной водной системой Юга России. Эти водоемы расположены на юго-востоке России в засушливой степной зоне. Для обводнения, орошения земель прилегающих районов и развития рыбоводства на р. Западный Маныч в 1930-е гг. были возведены три гидроузла, в результате чего образовались три водохранилища: Усть-Манычское (1936), Весёловское (1933) и Пролетарское (1936). Уровень минерализации и химический состав вод водохранилищ определяются геологическими, географическими и гидрологическими условиями, а также режимом эксплуатации их водных ресурсов. В настоящее время рыбохозяйственное значение сохранили Весёловское водохранилище и межплотинный участок Пролетарского водохранилища.

Сотрудниками АзНИИРХ с 1980-х гг. проводятся комплексные исследования водохранилищ Манычского каскада, в задачу которых входит изучение оценки их биологических и сырьевых ресурсов с целью определения запасов промысловых рыб, прогнозирования их вылова и экологической характеристики среды обитания. В 2015 г. гидробиологические исследования Весёловского водохранилища были направлены на оценку биомассы кормовых организмов.

Фитопланктон водохранилища в весенний период был представлен 25 видами микроводорослей. По видовому обилию преобладали диатомовые водоросли, в комплекс которых входили как планктонные, так и бентосные формы. В составе синезеленых, зеленых и криптофитовых было определено от 1 до 4 видов. Биомасса микроводорослей исследованных участков водохранилища в среднем составляла 163,0 мг/м^3. Основной вклад в ее формирование вносили криптофитовые (37 %), зеленые (35 %) и диатомовые (21 %) водоросли. Распределение фитопланктона было неравномерным и пятнистым. Наибольшие значения биомассы микроводорослей были отмечены в балке Житкова, что обеспечивалось развитием криптомонад и крупных нитчатых форм зеленых водорослей.

В летний период фитопланктон Весёловского водохранилища насчитывал в своем составе 42 вида водорослей. По видовому разнообразию доминировали синезеленые и зеленые водоросли, им сопутствовали диатомовые. Основу биомассы микроводорослей, составляющую в среднем 792,0 мг/м^3, формировали практически в равных долях диатомовые, динофитовые, синезеленые и зеленые. Биомассообразующими видами были крупные бентосные формы диатомей из рода *Surirella,* из динофитовых – *Gymnodinium,* из синезеленых – *Lyngbya limnetica,* из зеленых – *Carteria klebsii, Carteria* sp. Наибольшая численность фитопланктона была отмечена в балке Житкова.

В осенний период фитопланктон Весёловского водохранилища был представлен 19 видами из 5 систематических отделов. Около 70 % видов приходилось на диатомовые водоросли, разнообразие остальных отделов было незначительно. Основными биомассообразующими видами на исследованных участках были: из диатомовых – *Amphora* sp., *Cymbella* sp., *Navicula* sp., *Synedra ulna*, из зеленых – *Chlamydomonas reinhardii* и *Ulotrix* sp., эвгленовых – *Trahelomonas globularis.* Общая биомасса фитопланктона на исследованной акватории водохранилища составляла 103,6 мг/м^3. Максимальные значения были отмечены в районе х. Спорный, где интенсивно развивалась диатомовая микроводоросль *Synedra ulna.*

Зоопланктонное сообщество Весёловского водохранилища было представлено 4 группами организмов: коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные, временные планктеры. В течение вегетационного периода отмечено 16 таксонов, их число по сезонам изменялось незначительно. Среди коловраток отмечены виды р. *Synchaeta* и *Euchlanis dilatata,* среди ветвистоусых – *Chydorus sphaericus,* среди веслоногих – виды отр. Cyclopoida и отр. Harpacticoida. Временные планктеры были представлены личинками олигохет, полихет, брюхоногих и пластинчатожаберных моллюсков.

В весенний период средние значения численности и биомассы зоопланктона составляли 3,1 экз./м^3 и 10,6 мг/м^3 соответственно. Отмечено закономерное увеличение количественных показателей зооплактеров в течение весеннего периода. Основными биомассообразующими организмами являлись веслоногие раки, которые составляли в среднем более 50 % общей биомассы.

Количественные показатели развития зоопланктона в летний период по сравнению с весенним периодом увеличились значительно. Наибольшие значения численности и биомассы зоопланктеров наблюдались в районе пос. Новоселовка, составляя 62,1 тыс. экз./м^3 и 72,7 мг/м^3 соответственно. Основными организмами в формировании биомассы зоопланктона являлись личинки пластинчатожаберных моллюсков (54 %) и веслоногие ракообразные (31 %).

В осенний период в биомассе зоопланктона увеличилась значимость веслоногих ракообразных, их доля составляла более 90 %. Количественные показатели развития зоопланктона закономерно снижались по сравнению с летним периодом и составили 4,5 тыс. экз./м^3 и 33,6 мг/м^3. Наибольшие значения численности и биомассы зоопланктеров отмечены в Манычском канале – 6,6 тыс. экз./м^3 и 55,2 мг/м^3 соответственно.

Зообентос Весёловского водохранилища был представлен 5 группами донных организмов: мшанки, моллюски, черви, ракообразные и амфибиотические насекомые. Весной в водоеме отмечено 10 таксонов беспозвоночных, летом – 12 таксонов, осенью – 5 таксонов.

Биомасса кормового зообентоса от весны к осени изменялась от 538,14 до 1,49 г/м^2. Основу биомассы донного сообщества весной и летом формировали моллюски (99 % общей биомассы донного сообщества), осенью доминировали черви за счет развития группы Oligochaeta (31 %) и водные стадии амфибиотических насекомых (28 %).

Столь значительные колебания количественных и структурных характеристик зообентоса в этом водоеме связаны с регистрацией в весенний период друз двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*, внесших значительный вклад в биомассу донного сообщества. Доля кормового зообентоса в летний период была минимальной в связи с наличием моллюска дрейссены, крупные особи которого (>14 мм) не являются кормовыми объектами.

О КАЧЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ ПИТАНИЯ ЛАСТОНОГИХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ 2001–2016 гг. (Белое, Баренцево, Карское моря)

О.Н. Светочева, В.Н. Светочев

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
svol@atnet.ru

Интерес к изучению питания морских млекопитающих, находящихся на вершине трофической пирамиды в арктических морских экосистемах, обусловлен их влиянием на биоресурсы. Особенно это важно для видов, имеющих высокую численность и широкое распространение, поскольку трофологические исследования представляют собой важную часть экосистемного подхода. Сведения о питании ластоногих в северных морях западного сектора Российской Арктики в последние 15 лет пополнились новыми данными, больше всего информации получено о питании нерпы, морского зайца и гренландского тюленя в Белом море. Также пополнились сведения о питании нерпы и моржа в Баренцевом и Карском морях.

Белое море. Качественный состав пищи нерпы (*Pusa hispida*) весьма разнообразен, представлен пелагическими – 7, донно-пелагическими – 17 и донными видами и группами – 23 (рис. 1). По частоте встречаемости среди беспозвоночных доминируют *Nereis* sp., *Anonyx nugax,* роды *Pandalus, Sabinea*, гипереиды *Themisto*. Нерпа предпочитает кормиться мелкой рыбой, 9–12 см длиной, доминируют в пище песчанка, навага, мойва, бычки, трехиглая колюшка [Светочева, 2005; 2012; 2015]. Полученные в последние 5 лет сведения о зимнем питании нерпы позволили определить доминирующее место малопозвонковой сельди, при отсутствии которой тюлени питаются навагой, корюшкой, камбалами, колюшками, донными ракообразными [Светочев, Светочева, 2010; Svetocheva, Svetochev, 2015].

Качественный состав питания морского зайца (*Erignathus barbatus*) представлен ракообразными, моллюсками, червями и рыбой, среди них пелагические – 4 вида и группы, донно-пелагические – 11 и донные – 10 (рис. 1). Доминирующими в питании морского зайца в Белом море считаются декаподы, равноногие раки, двустворчатые моллюски, корюшка [Светочева, 2013, 2015; Svetocheva, Svetochev, 2015]. В апреле – мае (в конце ледового периода) в пище отмечены декаподы, бычковые, мойва, корюшка, сельдь, навага, камбалы, доминируют креветки *Sclerocrangon* и *Crangon*, среди рыб – бычок-керчак. Анализ проб питания (2001, 2006, 2013 гг.) показал, что в ледовый период и осенью пищей морского зайца преимущественно является рыба (речная камбала, корюшка, бычковые, сельдь). Очевидно, что в Белом море доля рыбной компоненты в питании морского зайца больше, чем доля моллюсков.

Доминирующее значение в питании гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) в Белом и Баренцевом морях отводится пелагическим объектам – 11 видов, затем идут донно-пелагические – 15 и донные объекты – 16 [Светочева, Светочев, 2008]. Исследования показали, что в апреле – мае у тюленей в возрасте 1 года и старше избирательность в питании не выражена, рыба и ракообразные являются равноценными объектами [Светочев, Светочева, 2009] (рис. 1). Тюлени кормятся массовыми амфиподами, эвфаузиидами, креветками, бычками, корюшкой, мойвой, песчанкой и навагой, осваивая в поисках пищи всю толщу воды от приповерхностных областей до дна. Среди рыб главенствующее значение имеют мойва и песчанка [Светочев, Светочева, 2012].

Баренцево море. В питании атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) отмечены моллюски *Mya truncata, Astarte borealis, Serripis groenlandicus, Hiatella arctica, Cardium groenlandicum, Saxicava arctica* [Чапский, 1976; Потелов, 1998; Кондаков и др., 2011; Светочева, Светочев, 2014; Stiansen, Filin, 2007]. Анализ проб питания, собранных в августе 2014 и 2015 гг., показал, что питание моржа в Баренцевом море было представлено моллюсками и донной рыбой. В районе м. Желания (о-ва Новая Земля) в пробах с залежки были отмечены

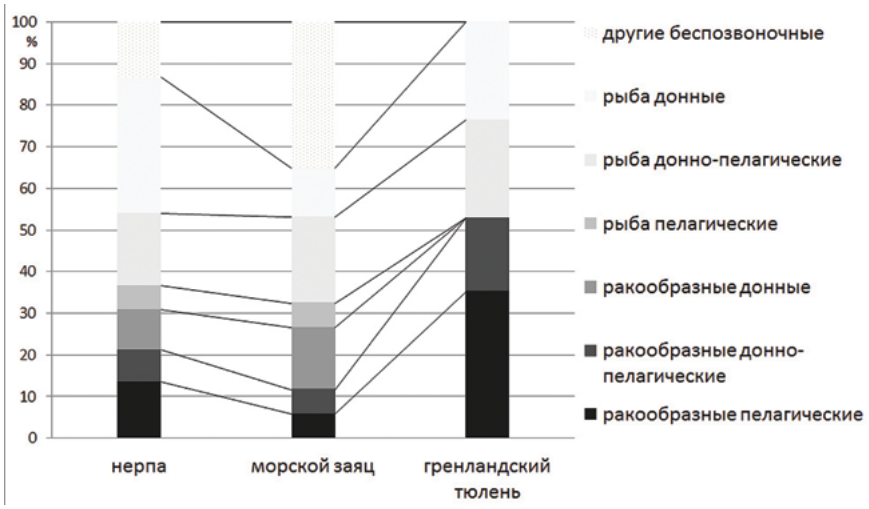


Рис. 1. Соотношение объектов основных групп гидробионтов в составе пищи тюленей в Белом море, %

Buccinum undatum, Saxicava arctica, Cardium groenlandica, а также ликод (отолиты). В районе м. Лямчин Нос (о. Вайгач) в питании моржа были отмечены *Saxicava arctica, Mya truncata, Astarte borealis, Buccinum undatum, Serripis groenlandicus, Natica clausa.*

Карское море. Питание нерпы представлено преимущественно рыбой и ракообразными, доминирует в пище сайка (*Boreogadus saida*), встречаются бычки (Cottidae) и сиговые [Светочев и др., 2006]. В диксонско-пясинском районе, по данным 2005 г., весной в питании нерпы были отмечены сайка, липарисы и бычковые, а также бокоплавы (Hyperiidea), мизиды (Mysisoculata), Gammaridae и десятиногие раки (Decapoda) [Светочева, Светочев, 2011; Светочева, 2015; Светочева и др., 2016]. В Обской губе в районе р. Се-Яха (сентябрь 2015 г.) в пище нерпы были отмечены сиговые (возможно, *Coregonus lavaretus pidschian*) и сибирская корюшка *Osmerus mordax dentex*. Можно предположить, что длина рыб не превышала 18–20 см в соответствии с размерами отолитов (1,5–4,5 мм у сига и 1,8–5,2 мм у корюшки) [Светочева, Стасенкова, 2000; Стасенкова, Светочева, 2000; Svetocheva et al., 2007]. Следует отметить, что в Белом море нерпа предпочитает кормиться рыбой меньших размеров – 9–13 см [Светочева, 2005].

Изучение качественного состава питания морских млекопитающих, пополнение и обновление известных списков объектов питания – весьма важная составляющая экологического мониторинга ластоногих, тем более что получение новых данных сегодня затруднено в связи полным или частичным прекращением добычи промысловых массовых видов тюленей и удаленностью районов обитания ластоногих в арктических морях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кондаков А.А., Светочева О.Н., Светочев В.Н. Современные проблемы изучения и охраны популяции атлантического моржа *Odobenus rosmarus rosmarus* L., 1758 на восточной границе ареала // *Териофауна России и сопредельных территорий*: мат-лы междунар. совещ. (IX Съезд териологического общества при РАН). 2011. С. 240.

Потелов В.А. Ластоногие. Китообразные // Полежаев Н.М., Потелов В.А., Петров А.Н. и др. *Фауна европейского Северо-Востока России. Млекопитающие. Т. 2. Ч. 2.* 1998. С. 7–32; 190–242.

Светочев В.Н., Светочева О.Н. Экология питания гренландского тюленя весной в Белом море // *Доклады Академии наук*. 2009. Т. 429. № 4. С. 571–573.

Светочев В.Н., Светочева О.Н. Особенности зимнего питания нерпы (*Pusa hispida*) в Белом море // *Морские млекопитающие Голарктики*: сб. науч. тр. по мат-лам Шестой междунар. конф. 2010. С. 507–510.

Светочев В.Н., Светочева О.Н., Бондарев В.А. Данные по биологии кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) по результатам экспедиции в апреле 2005 г. в Карском море // *Морские млекопитающие Голарктики*: сб. науч. тр. по мат-лам Четвертой междунар. конф. 2006. С. 468–470.

Светочев В.Н., Светочева О.Н. Морские млекопитающие: биология, питание, запасы // *Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование*: коллективная монография. Сер. «Исследования фауны морей». СПб., 2012. С. 261–286.

Светочева О.Н. *Характеристика питания кольчатой нерпы (Pusa hispida) в Белом море*: автореф. дис. … канд. биол. н. Петрозаводск, 2005. 20 с.

Светочева О.Н. О питании кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) колюшками (Gasterosteidae) в Белом море // *Морские млекопитающие Голарктики*: сб. науч. тр. по мат-лам Седьмой междунар. конф. 2012. С. 218–221.

Светочева О.Н. Питание морского зайца (*Erignathus barbatus*) в Белом море // *Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере*: мат-лы докл. II Всерос. конф. с междунар. участием. 2013. С. 181–183.

Светочева О.Н. Мониторинг пагетодных видов настоящих тюленей в современных климатических и антропогенных условиях в Белом, Баренцевом и Карском морях // *Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств*: мат-лы междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х ч. Мурманск, 2015. С. 265–270.

Светочева О.Н., Светочев В.Н. О питании гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) в Белом море в весенний период // *Морские млекопитающие Голарктики*: сб. науч. тр. по мат-лам Пятой междунар. конф. 2008. С. 545–547.

Светочева О.Н., Светочев В.Н. Биологический мониторинг нерпы (*Pusa hispida*) в западном секторе Российской Арктики и его основные параметры // *Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата:* мат-лы междунар. науч. конф. / отв. ред. Г.Г. Матишов. 2011. С. 334–337.

Светочева О.Н., Светочев В.Н. Атлантический морж // *Красная книга Мурманской области*. Кемерово, 2014. С. 563–564.

Светочева О.Н., Светочев В.Н., Горяев Ю.И. Нерпа и морской заяц Карского моря: биология, экология и промысел // *Евразийское научное объединение.* 2016. Т. 2. № 4(16). С. 92–102.

Светочева О.Н., Стасенкова Н.И. О функциональной связи между размером отолита и длиной тела на примере некоторых рыб Белого моря // *Поморье в Баренц регионе: экономика, экология, культура*: материалы междунар. конф. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 2000. С. 203–204.

Стасенкова Н.И., Светочева О.Н. Отолиты костистых рыб как показатель видовой принадлежности // *Поморье в Баренц регионе: экономика, экология, культура*: материалы междунар. конф. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 2000. С. 217–218.

Чапский К.К. Ластоногие и зубатые киты // *Млекопитающие Советского Союза. Т. 2. Ч. 3* / под ред. В.Г. Гепнера. М.: Высшая школа, 1976. 718 с.

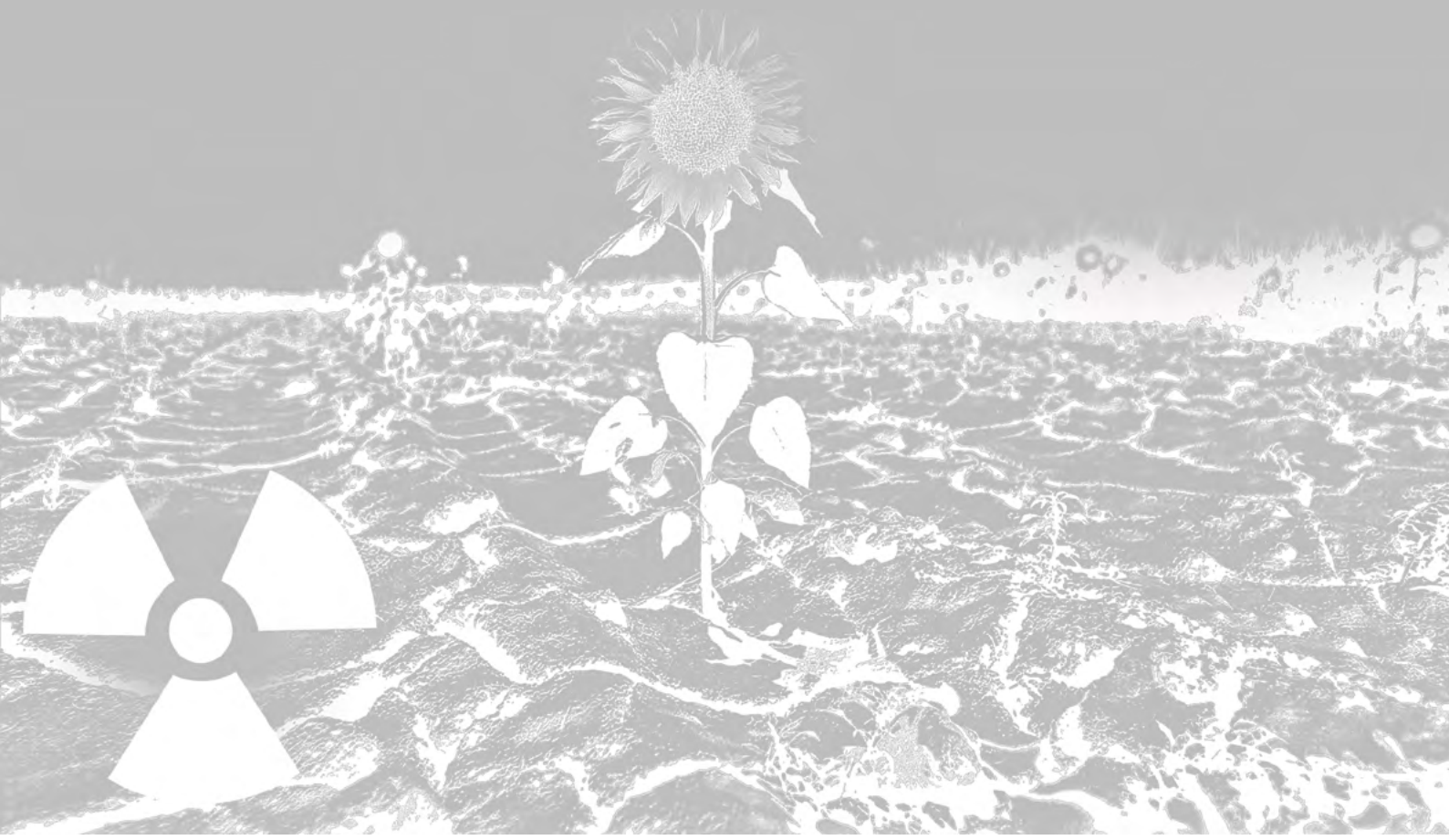
Stiansen J.E., Filin A.A. (editors) *Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents Sea ecosystem 2006, with expected situation and considerations for management.* IMR/PINRO Joint Report Series. No 2/2007. 209 p.

Svetocheva O., Stasenkova N., Fooks G. Guide to the bony fishes otoliths of the White Sea. In: *IMR/PINRO*. Bergen, 2007. 46 p.

Svetocheva O.N., Svetochev V.N. Analysis of seasonality in trophic relationships of true seals (Phocideae) in the White Sea. *Czech Polar Reports.* 2015. Vol. 5. No 2. P. 230–240.

РАЗДЕЛ 4

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОТЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ



ВИДОВОЙ СОСТАВ АКТИНОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.Н. Ажогина, Л.Н. Илюшкина

Южный федеральный университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Россия
t.azhogina@mail.ru

Городская экосистема формируется в результате антропогенного и природного взаимовлияния. Однако уже на стадии сложившихся урбоэкосистем антропогенный пресс значительно преобладает над любыми другими средообразующими факторами [Медведева, Федорец, 2004].

Актиномицеты представляют собой единое звено в трофической цепи любой экосистемы, осуществляя в ней функции микробов-редуцентов. Основная роль мицелиальных прокариот состоит в разложении таких сложных полимеров как лигнин, хитин, целлюлоза, гумусовые соединения. Актиномицеты участвуют также в накоплении в почве биологически активных веществ и формировании азотного баланса почв. Поскольку большинство актиномицетов гидролитики, с их ферментативной деятельностью связана локализация этих организмов в нижних слоях подстилки, в кишечном тракте почвенных беспозвоночных животных. В почве, где сосредоточена основная масса стрептомицетов, они разлагают не только растительные субстраты, но и гумусовые соединения. Благодаря способности к образованию литических ферментов, актиномицеты реутилизируют микробную биомассу, прежде всего грибную, растут в копролитах беспозвоночных животных, участвуют в деструкции почвенных минералов [Звягинцев и др., 2005].

Объектом данного исследования явились почвы рекреационных зон городов Юга России, а именно: мегаполиса Ростова-на-Дону и двух небольших близлежащих городов – Азова и Аксая, располагающихся на расстоянии 25 и 1,7 км соответственно.

Материалом исследования были пробы образов почвы, отобранные методом конверта на глубине 0–10 см в рекреационных зонах: в г. Ростове-на-Дону – парки им. Максима Горького, им. Николая Островского; в г. Аксае – Парк культуры и отдыха и Мухина балка; в г. Азове – парк «Жемчужина Азова», Сквер Азова.

Парк им. Островского, Мухина балка и Сквер Азова находятся ближе к окраине города, чем парки им. Горького, Культуры и отдыха и «Жемчужина Азова».

В ходе видовой идентификации актиномицетов проводилось определение морфологических и культуральных свойств.

Основным морфологическим признаком являлся тип цепочек спор, который определяли на 7–14-й день роста на средах благоприятных для спороношения: на минеральном агаре-1 или овсяном агаре, в чашках Петри или на скошенном агаре в пробирках. При определении типа спороношения использовали терминологию Придхема и соавторов: RF – для прямых и извитых цепочек, RA – для цепочек с недоразвитыми и примитивными спиралями; S – для цепочек с хорошо сформированными спиралями [Pridham et al., 1958].

Для детального микроскопического исследования спорулирующих структур и расположения спор использовали метод выращивания культуры на предметном стекле. Вырезанный кусочек агара с мицелием помещали на предметное стекло, накрывали покровным стеклом и помещали во влажную камеру. Полученный таким образом рост актиномицетов в такой квадратной пластинке питательного агара просматривали в световом микроскопе [Определитель … 1997].

Под культуральными признаками обычно подразумевают цвет воздушного и субстратного мицелия и цвет растворимых пигментов, которые окрашивают среду.

Признаки штаммов определялись на минеральном агаре-1, глицерин-нитратном агаре, овсяном агаре, органическом агаре-2 и пептонно-дрожжевом агаре с железом:

1) окраска воздушного мицелия. Цвет воздушного мицелия, как правило, определяли на минеральном агаре-1 и овсяном агаре, поскольку эти среды наиболее благоприятны для образования спороносящего воздушного мицелия;

2) окраска субстратного мицелия;

3) наличие меланоидных пигментов определяли на пептонно-дрожжевом агаре, содержащем железо, на 2–4-е сутки роста. Если при этом образовывался темно-зелено-бурый, бурый или черный растворимый пигмент, то считалось, что культура образует меланоидные пигменты. Определение цвета проводится на 7, 14, 21-й день роста культур [Гаузе и др., 1983].

Все выделенные штаммы принадлежали к роду Streptomyces. Всего было выделено и определено 19 видов, из них повторяющихся – 3. Восемь видов, выделенных из почв исследуемых парков, принадлежат к секции Cinereus, 4 – к секции Roseus, 2 – к секции Helvolo-Flavus, 2 – к секции Albus. Секция Azureus была представлена одним видом (табл. 1).

Таблица 1. Виды актиномицетов, выделенные из почв исследуемых парков

Секция	Серия	Вид	Парк
Cinereus	Chrysomalus	*S. viridobrunneus*	сквер Азова
	Violaceus	*S. ramulosus*	сквер Азова
	Achromogenes	*S. recifensis*	сквер Азова
		S. werraensis	им. Горького
		S. sporoclivatus	Мухина балка
		S. pristinaespiralis	Культуры и отдыха
	Chromogenes	*S. bambergiensis*	«Жемчужина Азова»
		S. fumosus	Культуры и отдыха
Roseus	Fuscus	*S. roseofulvus*	сквер Азова
	Lavendulae-Roseus	*S. lavendulae*	«Жемчужина Азова»
	Ruber	*S. peucetius*	«Жемчужина Азова»
	Roseoviolaceus	*S. tauricus*	«Жемчужина Азова»
Helvolo-flavus	Helvolus	*S. rubiginosohelvolus*	им. Горького
		S. globisporus	сквер Азова
Albus	Albus	*S. albus*	сквер Азова, Мухина балка
	Albocoloratus	*S. albovinaceus*	Мухина балка
Azureus	Coerulescens	*S. coeruleorubidus*	им. Островского

Наибольшее количество видов было выделено из почвы парка Сквер Азова – шесть, половина из них относятся к секции Cinereus. Из почвы парка «Жемчужина Азова» было выделено 4 вида, три из которых относились к секции Roseus. Три вида были изолированы из почвы парка Мухина балка, два из которых относились к секции Albus. Два выделенных вида из почвы парка Культуры и отдыха относились к секции Cinereus, а изолированные из почвы парка им. Горького относились к секции Helvolo-flavus (один вид) и Cinereus (один вид). Из почвы парка им. Островского был выделен только один вид, относящийся к секции Azureus. Секции и серии распределились, как показано в таблице 2.

К секции Cinereus относилось 47,08 % всех выделенных штаммов. Это вполне объяснимо, так как представители этой секции – наиболее многочисленная и разнообразная группа рода Streptomyces. Культуры этого рода проявляют различную биохимическую активность; сюда относятся также стрептомицеты, которые могут расти при высоких температурах. Среди культур этой секции широко распространено пигментообразование. Половина видов (4) из

данной секции относились к серии Achromogenes, среди которых встречаются продуценты практически важных антибиотиков, таких как амфотерицин, пристинамицин, тетрациклины, стрептомицины, хлорамфеникол, цефалоспорины и др. [Гаузе и др., 1983].

Таблица 2. Доля актиномицетов различных серий, выделенных из почв исследуемых парков

Секция	Серия	Количество	Доля, %	
Cinereus	Chrysomalus	1	5,88	47,08
	Violaceus	1	5,88	
	Achromogenes	4	23,56	
	Chromogenes	2	11,76	
Roseus	Fuscus	1	5,88	23,52
	Lavendulae-Roseus	1	5,88	
	Ruber	1	5,88	
	Roseoviolaceus	1	5,88	
Helvolo-flavus	Helvolus	2	11,76	11,76
Albus	Albus	1	5,88	11,76
	Albocoloratus	1	5,88	
Azureus	Coerulescens	1	5,88	5,88

Доля секции Roseus составила 23,56 %. Она была представлена 4 видами, относящимися к 4 разным сериям. Из секции Helvolo-flavus (11,76 %) было выделено только два штамма, относящиеся к серии Helvolus. Секция Albus также была представлена двумя видами (11,76 %). Был выделен один штамм (5,88 %), относящийся к секции Azureus, серии Coerulescens.

Далее было проведено сравнения видового разнообразия выделенных из почв центральных и окраинных парков видов актиномицетов (табл. 3).

Таблица 3. Виды актиномицетов, выделенных из почв центральных и окраинных парков

	Секция	Серия	Вид
Центральные парки	Cinereus	Achromogenes	*S. werraensis*
			S. pristinaespiralis
		Chromogenes	*S. bambergiensis*
			S. fumosus
	Roseus	Lavendulae-Roseus	*S. lavendulae*
		Ruber	*S. peucetius*
		Roseoviolaceus	*S. tauricus*
	Helvolo-flavus	Helvolus	*S. rubiginosohelvolus*
Окраинные парки	Cinereus	Chrysomalus	*S. viridobrunneus*
		Violaceus	*S. ramulosus*
		Achromogenes	*S. recifensis*
			S. sporoclivatus
	Albus	Albus	*S. albus*
		Albocoloratus	*S. albovinaceus*
	Azureus	Coerulescens	*S. coeruleorubidus*
	Roseus	Fuscus	*S. roseofulvus*
	Helvolo-flavus	Helvolus	*S. globisporus*

Как видно из таблицы 3, из почв окраинных парков было выделено 9 видов, а из почв центральных – 8. При этом в почвах окраинных парков было выше разнообразие секций, к которым относились изолированные виды, что можно объяснить меньшим антропогенным прессом и уровнем загрязненности почвы данных парков. Количество видов актиномицетов секции Cinereus было одинаково в почвах окраинных и центральных парков, но в почвах парков, расположенных ближе к центрам городов, было выявлено две серии (Chromogenes и Achromogenes). В секции Roseus наблюдалась обратная закономерность: в почвах парков, расположенных ближе к окраине города выявлена одна серия (Fuscus), а в почвах центральных парков – 3 (Lavendulae-Roseus, Ruber и Roseoviolaceus). Штаммы, относящиеся к секциям Albus и Azureus были выделены только в почвах парков, расположенных ближе к окраинам исследованных городов.

Таким образом, проведенное исследование показало, что в почвах рекреационных зон доминировали представители секций Cinereus и Roseus. Видовой состав был более разнообразным и при этом только в этих образцах были выделены штаммы, относящиеся к секциям Albus и Azureus в почвах окраинных парков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Звягинцев А.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. *Биология почв* / изд. 3-е, испр. и доп. М.: Изд-во Московского ун-та, 2005. 448 с.

Медведева М.В., Федорец Н.Г. Комплексная оценка состояния почв, находящихся в условиях урбанизации // *Экологические системы и приборы*. 2004. № 7. С. 5–8.

Определитель бактерий Берджи. Т. 2 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С.С. Уилльямса. М.: Мир, 1997. 368 с.

Pridham T.G., Hesseltine C.W., Benedict R.G. A guide for the classification of streptomycetes according to selected groups. Placement of strains in morphological sections. *Applied microbiology*. 1958. Vol. 6. № 1. P. 52.

РАЗМЕРНО-МАССОВАЯ И ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh В БУХТЕ ЛАСПИ (КРЫМ)

В.В. Александров

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН
г. Севастополь, Россия; valexandrov@list.ru

Бухта Ласпи – это наиболее крупная бухта юго-западного побережья Крыма. Часть ее акватории входит в состав государственного заказника «Мыс Айя» и памятника природы «Прибрежно-аквальный комплекс у м. Сарыч». Начиная с 1980-х гг. прошлого века, интенсивная застройка берегов и высокая рекреационная нагрузка привели к негативным изменениям донных фитоценозов и ценопопуляций доминирующих видов *Cystoseira crinita* и *Phyllphora crispa* в акватории бухты [Калугина-Гутник, 1989; Мильчакова, 2003; Александров, Миронова, 2015]. Вместе с тем, сведения о состоянии ценопопуляций вида-эдификатора – цистозиры бородатой *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh на этом участке побережья отсутствуют. В связи с этим была поставлена цель работы – изучить размерно-массовую и возрастную структуры ценопопуляций *C. barbata* и их изменение с 1981 по 2008 г. в б. Ласпи.

Талломы *C. barbata* отобраны в летний периоды 1981–1983, 1998 и 2008–2009 гг. на глубинах 1, 3, 5, 10 и 15 м на 6 гидроботанических разрезах, выполненных на следующих участках побережья б. Ласпи: м. Сарыч; пансионат «Изумруд»; детский оздоровительный лагерь «Ласпи»; вершина б. Ласпи; биологическая станция ИМБИ РАН; м. Айя (рис. 1). Определяли массу и длину водорослей, возраст талломов рассчитывали по длине ствола (L) согласно уравнению В.П. Парчевского, Г.В. Парчука [1979]. Растения возрастом менее одного года относили к группе ювенильных (j), 1–3 года – к молодым генеративным (g1), 3–10 лет – к зрелым генеративным (g2), образующим наибольшее количество репродуктивных структур [Калугина-Гутник, 1975], свыше 10 лет – к старым генеративным (g3). Классификацию ценопопуляций по возрастной структуре выполняли согласно классификации «дельта-омега» [Животовский, 2001]. Всего проанализировано 510 растений. Для сравнения средних использовали критерий W Уилкоксона (Манна – Уитни) и t-критерий Стьюдента с поправкой Холма для множественных сравнений, примененный к log-преобразованным данным. Для оценки значимости влияния глубины и различий между станциями использовали критерий H Крускала – Уоллиса [Мастицкий, Шитиков, 2015]. Вычисления выполнены в среде R-3.2.5 [R Core Team, 2016].



Рис. 1. Схема расположения гидроботанических разрезов в б. Ласпи

В результате проведенных исследований *C. barbata* обнаружена на всех гидроботанических разрезах, выполненных в б. Ласпи. При этом на глубинах 0,5–1 м этот вид встречался только в вершине бухты и у биостанции, где его биомасса максимальна (до 1411 гм$^{-2}$), на остальных станциях цистозира бородатая отмечена на 3–15 м, а ее биомасса не превышала 814 гм$^{-2}$. Численность *C. barbata* невысока: только в акватории м. Айя и в вершине бухты она достигает 101–148 экз./м$^{-2}$, в районе биостанции – 33 экз./м$^{-2}$, тогда как на большинстве остальных участков – не превышает 10 экз./м$^{-2}$. В связи с этим оценка размерно-массовой и возрастной структуры *C. barbata* была возможна не для всех участков. Ранее, в 1981–1998 гг., максимальная биомасса была выше в 2 раза, численность – в 5 раз, по сравнению с 2008 г.

Анализ средних значений морфопараметров и возраста талломов *C. barbata* показал, что длина (16 ± 8,5 см), масса (5,1 ± 0,9 г) и возраст (1,6 ± 0,2 года) талломов *C. barbata* в акватории м. Айя достоверно ниже (t-критерий, $p < 0,05$), чем на остальных участках б. Ласпи (23 ± 2 – 34 ± 6 см; 16 ± 4 – 61 ± 55 г; 3,4 ± 0,7 – 5,4 ± 0,8 лет), между которыми по изученным показателям статистически значимых отличий не выявлено.

Установлено, что на средний возраст талломов цистозиры существенно влияет глубина ($H = 19$, $p = 0,002$), в частности на глубине 1 м растения в среднем более старые (3,8 ± 0,5 года, t-критерий, $p < 0,07$), чем на глубинах 3–10 м (2,0 ± 0,4 – 2,2 ± 0,4 года). Вместе с тем длина и масса талломов от глубины не зависят ($H = 6,0–6,3$, $p = 0,28–0,31$).

Размерные спектры большинства ценопопуляций *C. barbata* характеризуются довольно высокой правосторонней асимметрией (As = 0,54–1,48), только на мысе Айя на глубине 3 м и вблизи биостанции распределение близко к симметричному (As = –0,2–0,41). Во всех ценопопуляциях преобладают особи длиной 12–24 см, их максимальный размер, как правило, не превышает 36 см, исключая 2 ценопопуляции в вершине бухты и вблизи пансионата «Изумруд», где длина талломов цистозиры достигает 53–54 см.

Асимметрия распределения талломов по массе выше, чем по длине (As = 0,43–2,44). Это связано с тем, что в ценопопуляциях *C. barbata* наивысшей встречаемостью характеризуются талломы с самой низкой массой (0–10 г). Их доля в большинстве ценопопуляций превышает 70 %, на глубине 1 м этот показатель несколько ниже (40–60 %). Максимальная масса талломов наиболее высока вблизи пансионата «Изумруд», на глубине 15 м (87 г). В вершине бухты и вблизи биостанции на глубине 1 м эта величина составляет 57–66 г. На глубинах 3–10 м в акватории м. Айя и вблизи биостанции значения этого показателя снижаются до 9,7–41,5 г.

Возрастные спектры ценопопуляций *C. barbata* вблизи биостанции и в вершине бухты характеризуются преобладанием зрелых генеративных талломов (3–15 лет), согласно классификации Л.А. Животовского [2001] эти ценопопуляции относятся к зреющим и зрелым (рис. 2). Доминирование ювенильных (на глубинах 5–10 м) и молодых генеративных растений *C. barbata* отмечено на м. Айя, в связи с чем ценопопуляции на этом участке побережья относятся к типу молодых.

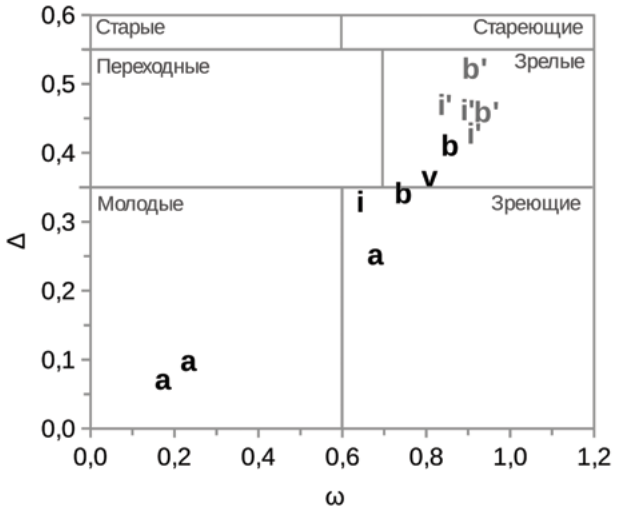


Рис. 2. Классификация ценопопуляций *C. barbata* в б. Ласпи по возрастной структуре согласно критерию «дельта-омега»
Примечания: a – м. Айя; b – биостанция; b’ – биостанция, 1998 г.; i – ДО «Изумруд»; i’ – пансионат «Изумруд», 1981–1983 г.; L – лагерь «Ласпи»; v – вершина бухты.

Сравнение полученных данных с результатами предыдущих съемок, показало, что в 1981–1984 гг. массовые и размерные спектры ценопопуляций *C. barbata* отличались меньшим диапазоном варьирования и отсутствием крупных талломов (> 48 см и > 30 г). При этом средние значения длины растений в 1981 г. были значительно выше, чем в 2008 г., тогда как их масса в 1981 и 2008 гг. существенно не различалась (рис. 3 А, Б).

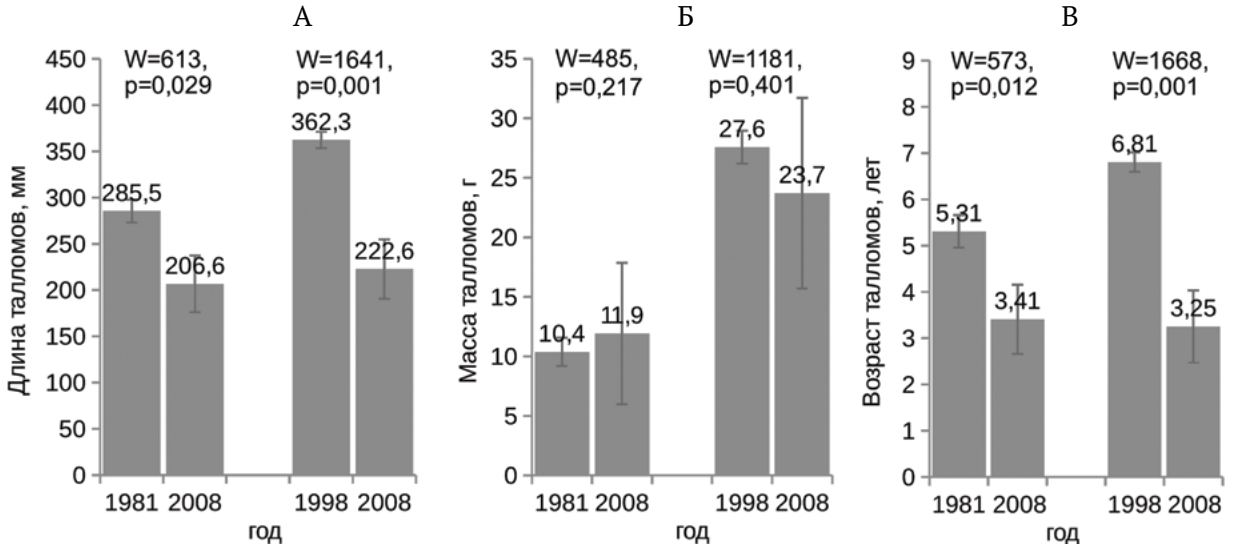


Рис. 3. Изменение длины (А), массы (Б) и среднего возраста (В) талломов *C. barbata* в б. Ласпи с 1981 по 2008 г. (вблизи пансионата «Изумруд», глубина 5 и 15 м) и с 1998 по 2008 г. (вблизи биостанции, глубина 1–3 м)

В 1998 г. преобладали талломы *C. barbata* 24–48 см длиной, максимальная длина особей достигала 73–88 см, а масса – 88 г. В 2008 г. растения высотой свыше 36 см и массой более 70 г уже полностью отсутствовали. С этими данными согласуется значительное снижение средней длины талломов с 1998 г. по 2008 г., в то время как уменьшение средней массы за тот же период было статистически не значимо (см. рис. 3 А, Б).

Возрастная структура ценопопуляций *C. barbata* в 1981 и 1998 г. в акватории биостанции и пансионата «Изумруд» характеризовалась преобладанием зрелых талломов, доля которых была выше, чем в 2008 г. (см. рис. 2), причем в 2008 г. вблизи биостанции растения старше 10 лет исчезли. Средний возраст талломов за период 1981–2008 гг. снизился в 1,5 раза, а с 1998 г. по 2008 г. – в 2 раза (см. рис. 3 В).

Таким образом, самые низкие значения длины, массы и возраста талломов *C. barbata* характерны для ее ценопопуляций вблизи м. Айя. Вероятно, это обусловлено, тем, что *C. barbata* обычно приурочена к полузащищенным акваториям, тогда как на открытых участках побережья талломы этого вида могут повреждаться под воздействием волн [Калугина-Гутник, 1975]. Исходя из этого можно предположить, что на состояние особей *C. barbata* в б. Ласпи наибольшее влияние оказывает уровень прибойности, тогда как близость к рекреационным объектам является менее значимым фактором.

В 2008 г. обнаружено уменьшение длины растений *C. barbata* и их возраста, по сравнению с 1981–1983 и 1998 гг., однако поскольку их масса за тот же период существенно не изменилась, ухудшения жизненного состояния талломов не произошло. Возможной причиной снижения возраста растений (и связанной с ним их длины) могла быть элиминация зрелой части ценопопуляции в результате шторма 2007 г., который привел к масштабным повреждениям береговой инфраструктуры в б. Ласпи.

В целом, по сравнению с периодом 1981–1998 гг., произошло уменьшение как общей численности *C. barbata* в б. Ласпи, так и количества наиболее плодовитых растений, что делает ценопопуляции этого вида уязвимыми к природным и антропогенным негативным воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александров В.В., Миронова Н.В. Оценка размерно-массовой и виталитетной структуры ценопопуляций филлофоры в бухте Ласпи (Крым) // *Экология и природопользование: прикладные аспекты*: мат-лы V Всероссийск. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Уфа: Изд-во БГПУ, 2015. С. 15–19.

Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // *Экология*. 2001. № 1. С. 3–7.

Калугина-Гутник А.А. *Фитобентос Чёрного моря*. К.: Наук. думка, 1975. 248 с.

Калугина-Гутник А.А. Изменения видового состава фитобентоса в бухте Ласпи за период 1964–1983 гг. // *Экология моря*. 1989. Вып. 31. С. 7–11.

Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. *Статистический анализ и визуализация данных с помощью R*. М: ДМК Пресс, 2015. 496 с.

Мильчакова Н.А. *Макрофитобентос. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор)* / ред. В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская. Севастополь: Экоси-Гидрофизика, 2003. С. 152–208.

Парчевский В.П., Парчук Г.В. Анализ морфологических признаков черноморских цистозир в онтогенетическом ряду в природных условиях // *III Всесоюз. совещ. по морской альгологии-макрофитобентосу*. К.: Наук. думка, 1979. С. 96–98.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: https://www.R-project.org/ (дата обращения: 20.06.2016).

МАКРОЗООБЕНТОС ДЕЛЬТЫ ДОНА ОСЕНЬЮ 2014 г.

Н.И. Булышева, В.Л. Сёмин, А.И. Савикин, И.В. Шохин, Е.Н. Терсков

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
bulysheva@ssc-ras.ru

Дельта Дона уникальное природное образование, характеризующееся специфическими экологическими условиями водотоков, связанными в первую очередь с отличиями в гидрологических условиях, зарастаемостью высшей водной растительностью, составом грунтов, что и определяет различную структуру донных сообществ. Видовой состав, биоразнообразие, количественные показатели, пространственное распределение организмов зообентоса дельтовой зоны определяется естественными и антропогенными изменениями стока р. Дон, сгонно-нагонными явлениями и хозяйственной деятельностью человека. Животный мир дельты изучали и изучают специалисты различных организаций (ЮФУ, АзНИИРХ, Азовского краеведческого музея и др.), однако, несмотря на это, многие систематические группы гидробионтов остаются недостаточно изученными. Сведения о бентосных беспозвоночных дельты были опубликованы Ф.Д. Мордухай-Болтовским [1939, 1960 и др.] по результатам исследований проведенных еще в 1930–1940-х гг. прошлого столетия. Имеющаяся сводка по биоразнообразию дельты Дона [Миноранский, 2004] не отражает современного состояния донных сообществ.

Последние масштабные исследования зообентоса дельты Дона были выполнены сотрудниками ЮНЦ РАН в 2007–2008 гг. Всего было отобрано 145 количественных и 9 качественных проб макрозообентоса на 108 станциях [Коваленко, 2009]. Так, по данным Е.П. Коваленко, в районе исследований были отмечены донные беспозвоночные, относящиеся к двум типам фаун: пресноводной и солоноватоводной понто-каспийской. Среди представителей первой группы преобладали олигохеты сем. Tubificidae, которые встречались повсеместно и часто доминировали по численности (до 11,2 тыс. экз./м^2), а иногда и по биомассе, и личинки сем. Chironomidae. Реже встречались личинки сем. Ceratopogonidae, клопы рода *Corixa*, двустворчатые моллюски семейства Sphaeriidae и видов *Unio pictorum* и *Anodonta (Pseudanodonta) complanata*, а также гастроподы *Lithoglyphus naticoides* и *Theodoxus fluviatilis*. Представители понто-каспийской фауны наибольшего количественного развития достигали в проточных водотоках на песчаных донных осадках. Так, на одной из станций в русле Дона, выше рукава Каланча, были отмечены высокие значения численности (20,5 тыс. экз./м^2) и биомассы (422,32 г/м^2) брюхоногого моллюска рода *Turricaspia*. Понто-каспийские двустворчатые моллюски в дельте представлены видами *Dreissena polymorpha*, *D. bugensis* и *Adacna colorata*, гастроподы – видами *Turricaspia lindholmiana, T. milachevitchi* и *Caspia* sp., ракообразные – видами *Jaera sarsi* (Isopoda), *Pterocuma pectinata* (Cumacea), а также семействами Corophiidae, Gammaridae и отрядом Mysidacea [Коваленко, 2009].

С 2009 г. по настоящее время исследования зообентоса дельты Дона проводятся на реперных точках, благодаря чему были выявлены проникновение и натурализация чужеродных видов в районе исследований. Так в течение 2013–2014 гг. был зафиксирован факт вселения в водотоки дельты Дона полихет сем. Sabellidae (первоначально были отнесены к роду *Aracia* Nogueira, Fitzhugh et Rossi, 2010, однако более детальное изучение показало, что найденные особи, по всей вероятности, – *Laonome calida* Capa, 2007, в последние годы колонизовавший ряд биотопов в северной Атлантике). В 2014 г. выявлен факт проникновения *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) [Сёмин и др., 2014а, б; 2016].

Осенью 2014 г. были проведены исследования зообентоса водотоков дельты и придельтовой части (от Аксая и ниже по течению) реки Дон. На рисунке 1 приведена карта-схема

отбора проб. Отбор проб зообентоса проводился по стандартным гидробиологическим методикам [Руководство ... 1977], всего было отобрано 12 проб в сентябре и 6 в ноябре.

На обследованных участках отмечено 22 таксона донных беспозвоночных. Основу бентофауны составляют виды, относящиеся к пресноводному фаунистическому комплексу со значительной долей понто-каспийских реликтов. Наибольшей встречаемостью для всех обследованных водотоков характеризуются личинки Chironomidae (76 %) и Tubificidae (71 %). Встречаемость остальных таксонов варьирует от 6 до 28,5 %. В сентябре наибольшее количество видов (7) отмечено на ст. 3 (друзовое сообщество) и 5 видов на ст. 2, (донные осадки представлены заиленным песком с включениями раковинного материала и детрита). Наименьшее количество видов – 1, отмечено на ст. 11 (пелиты, запах H_2S). В ноябре наибольшее количество видов (5) зафиксировано на ст. 4 (заиленный песок), наименьшее на ст. 5 – 1 вид (заиленный детрит, запах H_2S) (табл. 1).

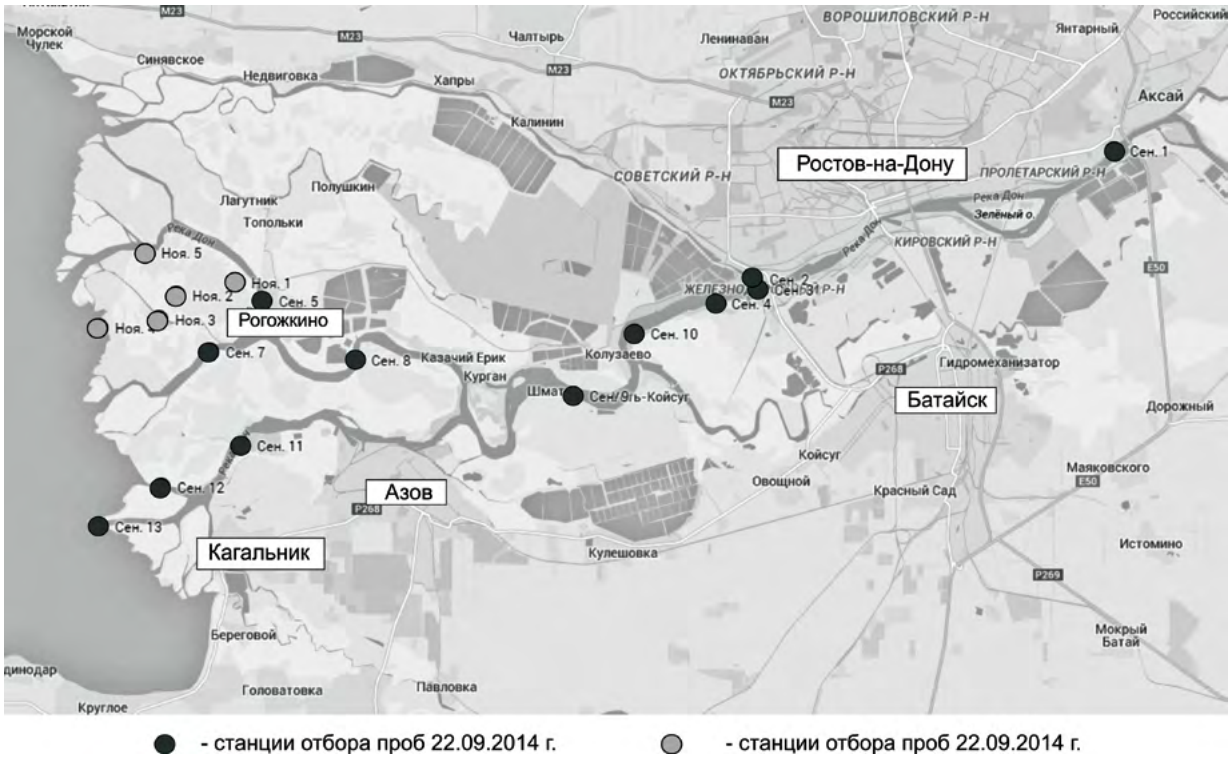


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

Таблица 1. Видовой состав донных беспозвоночных по станциям

Виды	Сентябрь												Ноябрь				
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5
Nematoda															+	+	
Limnodrilus hoffmeisteri (Claparede, 1862)				+							+						
Tubifex sp.	+					+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Lumbriculus sp.				+		+											
Branchiura sowerbyi Beddard, 1892									+								
Hypania invalida (Grube, 1960)								+					+	+			
Hypaniola kowalewskii (Grimm, 1877)	+																

Окончание таблицы 1

Marenzeleria neglecta Sikorski. Bisk, 2004															+	
Theodoxus fluviatilis (Linnaeus, 1758)			+													
T. astrachanicus Starobogatov in Starobogatov, Filchakov, Antonova & Pirogov, 1994			+													
Caspia sp.			+													
Lithoglyphus naticoides (Pfeiffer, 1828)			+					+								
Dreissena polymorpha Pallas, 1771		+	+													
Adaacna colorata (Eichwald, 1829)		+														
Dikerogammarus haemobaphes (Eichwald, 1841)		+	+													
Pontogammarus crassus (G.O. Sars, 1894)					+											
Corophium chelicorne (G.O. Sars, 1895)		+	+									+	+			
Pterocuma pectinata (Sowinskyi, 1894)	+															
Elophila sp.					+											
Chironomidae	+	+		+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	
Ceratopogonidae				+												
Notonecta sp.															+	

В сентябре 2014 г. в дельте Дона отмечены олигохеты *Branchiura sowerbyi Beddard, 1892 (Oligochaeta: Tubificidae), ранее не регистрировавшиеся в наших исследованиях на данной акватории. Тем не менее в Определителе пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий [1994] отмечено, что данный вид имеет всесветное распространение и встречается в водоемах со стоячей водой.*

Неоднородность донных осадков, наличие сероводородного заражения, уровень насыщения придонного слоя кислородом, процент проективного покрытия водной растительности, скорость течения, приводят к широкому диапазону показателей численности и биомассы макрозообентоса в районе исследований. Наибольшие показатели биомассы отмечены в друзовых сообществах, образованных моллюсками рода *Dreissena* (рис. 2).

Стоит отметить, что в пробах отсутсвовали крупные экземпляры двустворчатых моллюсков, что, вероятно, связано с методикой сбора биологического материала. Наибольшие показатели численности достигались за счет присутсвия в пробах мелких форм олигохет и хирономид.

Полихеты *Marenzelleria neglecta* (Polychaeta: Spionidae), впервые обнаруженные в марте 2014 г. в створе хут. Донской, уже в апреле были отмечены в большом количестве в пробах из восточной части Таганрогского залива, что свидетельствует об успешной натурализации этого вселенца. Осенью 2014 г. их вклад в общую численность составил 1 % (до 4 % на станции), в общую биомассу – 3 % (до 32 %, на станции).

Полихеты *Marenzelleria neglecta* (Polychaeta: Spionidae), впервые обнаруженные в марте 2014 г. в створе хут. Донской, уже в апреле были отмечены в большом количестве в пробах из восточной части Таганрогского залива, что свидетельствует об успешной натурализации этого вселенца. Осенью 2014 г. их вклад в общую численность составил 1 % (до 4 % на станции), в общую биомассу – 3 % (до 32 %, на станции).

По уровню развития макрозообентоса в водоеме его можно оценивать с точки зрения потенциальной рыбопродуктивности, которая зависит от количества доступного для рыб-бентофагов корма. Количественный уровень кормности водоемов для рыб определяется по рыбохозяйственной шкале, разработанной сотрудниками ГосНИОРХа [Пидгайко и др., 1968]. Согласно

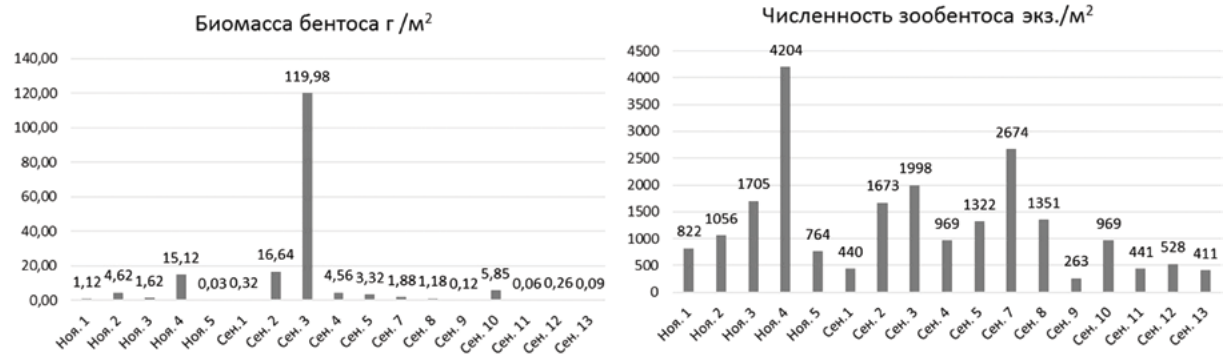


Рис. 2. Биомасса и численность макрозообентоса в осенний период 2014 г.

этой шкале к малокормным относятся водоемы, биомасса зообентоса в которых составляет менее 3,0 г/м^2, к среднекормным – 3,1–5,0 г/м^2, выше средней кормности – 5,1–8,0 г/м^2, высококормным – 8,1–15,0 г/м^2, и весьма высококормным – более 15 г/м^2. Анализ полученных данных показал, что в районе исследований кормность участков варьирует от малокормной до высококормной. Участки, на которых проводились исследования, можно считать типичным для водотоков Нижнего Дона с умеренным антропогенным воздействием.

В 2015–2016 гг. исследования на реперных станциях в дельте Дона были продолжены. Выявлено, что вид-вселенец *M. neglecta* интегрировался в экосистемы Таганрогского залива и дельты Дона и стал одним из наиболее распространённых и многочисленных видов зообентоса (встречаемость до 80–100 % по данным съемок 2015–2016 гг.). В 2015 г. в дельте Дона обнаружены единичные особи, ранее не встречавшегося вида *Streblospio gynobranchiata* Rice et Levin, 1998 (Polychaeta: Spionidae). Отмеченные изменения подтверждают актуальность дальнейших регулярных наблюдений в дельте Дона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Коваленко Е.П. Донные беспозвоночные крупных водотоков дельты Дона // *VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем «Pontus Euxinus – 2009»*: тез. докл. (г. Севостополь, 21–24 сентября 2009 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 55–56.

Миноранский В.А. *Уникальные экосистемы: дельта Дона (природные ресурсы и их сохранение)*. Ростов н/Д: Изд-во «ЦВВР», 2004. 234 с.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. О годовых изменениях в бентосе Таганрогского залива // *Зоологический журнал*. 1939. Т. 18. № 6. С. 989–1009.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каталог фауны свободноживущих беспозвоночных Азовского моря // *Зоологический журнал*. 1960. Т. 39. № 10. С. 1454–1465.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / гл. ред. С.Я. Цалолихин. СПб.: Наука, 1994. 400 с.

Пидгайко М.П., Александров Б.М. и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР // *Изв. ГосНИОРХ*. Л., 1968. Т. 68. С. 205–228.

Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 725 с.

Сёмин В.Л., Коваленко Е.П., Савикин А.И. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) из дельты р. Дон // *Российский журнал биологических инвазий*. 2014а. № 4. С. 97–101.

Сёмин В.Л., Савикин А.И., Булышева Н.И. Чужеродные виды полихет в дельте Нижнего Дона и восточной части Таганрогского залива // *XI съезд Гидробиологического общества при РАН*: тез. докл. (г. Красноярск, 22–26 сентября 2014 г.). Красноярск: Изд-во СФУ, 2014б. С. 151–152.

Сёмин В.Л., Сикорский А.В., Коваленко Е.П., Булышева Н.И. Вселение рода *Marenzelleria* (Polychaeta: Spionidae) в дельту Дона и Таганрогский залив // *Российский журнал биологических инвазий*. 2016. Т. 9. № 1. С. 109–120.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ НАНОСАХ ПЛЯЖЕЙ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Н.В. Бурдиян

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
burdiyan@mail.ru

Количественный учет анаэробных групп бактерий является одной из составляющих микробиологических показателей, используемых при оценке экологического состояния прибрежной зоны. Значительный интерес в санитарно-биологическом плане представляет контактная зона «суша – море» с глубинами 1,5–2 м в сторону моря и до района заплеска волн в сторону берега. Для Чёрного моря – уникального водоема, 87 % объёма которого занимает вода, содержащая сероводород [Зайцев, 2000], особенно актуальны исследования микроорганизмов, восстанавливающих соединения серы, в частности сульфатредуцирующих бактерий – основных производителей сероводорода. Высокие количественные показатели сульфатредуцирующих бактерий в исследуемой акватории свидетельствуют об ухудшении санитарно-экологического состояния последней, т.к. высокая концентрация сероводорода оказывает негативное влияние на состав и жизнедеятельность морской биоты.

Целью работы было определение динамики численности сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах пляжей региона Севастополя.

Объектом исследования служили пробы прибрежных наносов (акватория г. Севастополя), отобранные в районе стихийного пляжа на восточном берегу бухты Казачья, стихийного пляжа в бухте Троицкой, культурного пляжа в бухте Круглая (пляж «Омега») и культурного пляжа с одноименным названием в бухте Песочной. Прибрежные наносы на указанных пляжах представлены песком с примесью обломков раковин моллюсков. Отбор проб для микробиологических анализов производили ежемесячно в следующие периоды: в б. Круглой с января по декабрь 2006 г., в б. Казачьей – с мая 2010 по май 2011 г., в б. Песочной – с января по декабрь 2013 г. и в б. Троицкой – с февраля 2014 по январь 2015 г. В каждой пробе определяли численность сульфатредуцирующих бактерий. Отбор и последующая обработка материала велась по методам, разработанным в отделе морской санитарной гидробиологии ИМБИ РАН и методам общей микробиологии [Практикум по микробиологии, 2005].

Бухта Круглая. В прибрежных наносах пляжа «Омега» сульфатредуцирующие бактерии (*далее* – СРБ) выделены из всех проб (рис. 1). Разница в показателях численности составляла несколько порядков: от 1,0 до 9,5 × 10^3 кл./г. Минимальные показатели определены только в четырех пробах, в остальных пробах показатели были в пределах 10^2–10^3 кл./г.

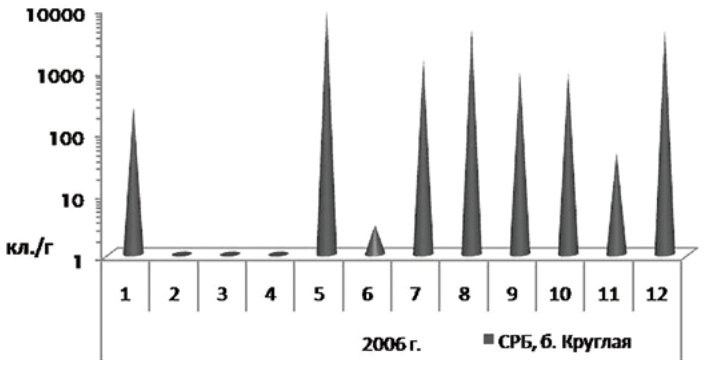


Рис. 1. Численность сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах пляжа «Омега»

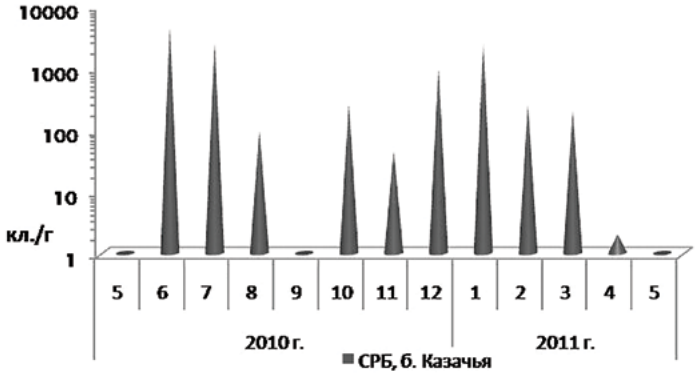


Рис. 2. Численность сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах стихийного пляжа в б. Казачья

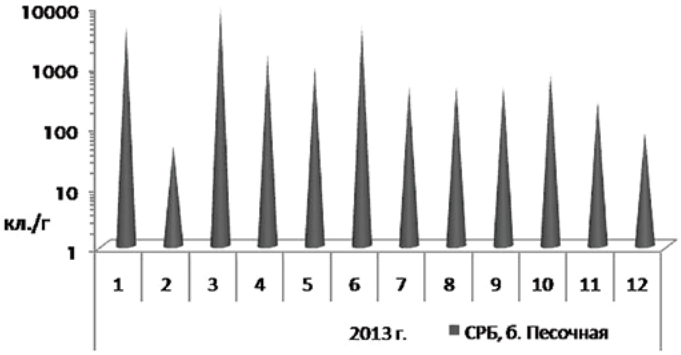


Рис. 3. Численность сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах пляжа «Песочный»

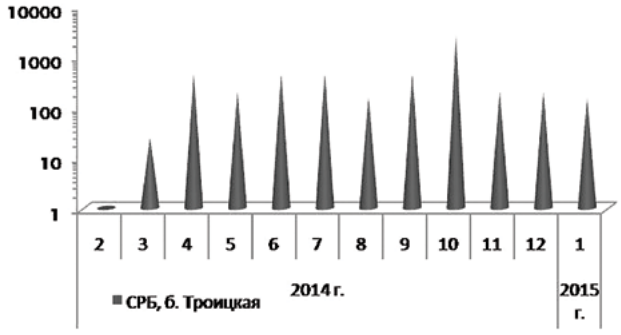


Рис. 4. Численность сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах стихийного пляжа в б. Троицкой

Бухта Казачья. В прибрежных наносах стихийного пляжа б. Казачьей бактерии, восстанавливающие соединения серы, были выделены из всех проб прибрежных наносов (рис. 2). Численность сульфатредуцирующих бактерий колебалась в широких пределах: от 1 до 4,5 × 10^3 кл./г. Максимальный показатель (4,5 × 10^3) выделен однократно в июньской пробе. В 69 % проб показатели численности сульфатредукторов варьировали от 45 до 4,5 × 10^3 кл./г.

Бухта Песочная. Сульфатредуцирующие бактерии в прибрежных наносах пляжа «Песочный» выделены в 100 % проб (рис. 3). Численность СРБ варьировала от 45 до 9,5 × 10^3 кл./г. Только в двух пробах показатели численности не превышали ста бактериальных клеток в грамме прибрежных наносов. Остальные показатели численности находились в пределах 10^2–10^3.

Бухта Троицкая. В прибрежных наносах стихийного пляжа, расположенного в б. Троицкой СРБ были выделены из всех проб, в широком диапазоне: от 1 до 2,5 × 10^3 кл./г (рис. 4). Следует отметить довольно высокое содержание СРБ в прибрежных наносах исследуемой акватории: в 83 % проб численность сульфатредукторов варьировала от 1,5 × 10^2 до 2,5 × 10^3 кл./г. Минимальная численность бактерий определена в февральской и мартовской пробах. По всей видимости, высокая численность СРБ в б. Троицкой может быть обусловлена высокой антропогенной нагрузкой: пляж находится вблизи действующего причала и судоремонтного завода.

Получены данные о количественном распределении сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах культурных и стихийных пляжей региона Севастополя. Наблюдаемая группа бактерий выделена повсеместно. Сезонные отличия количественного содержания исследуемой группы бактерий не выявлены. Отмечена относительно высокая численность сульфатредуцирующих бактерий, что может свидетельствовать о формировании восстановительных условий среды, значительно снижающих способность исследуемой акватории к самоочищению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев Ю.П. *Чёрное море: состояние экосистемы и пути его улучшения* // Молодежный экологический центр им. В.И. Вернадского. 2000. 45 с.

2. *Практикум по микробиологии* / под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. 608 с.

РОДОВОЙ СОСТАВ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.В. Долженко, Л.Н. Илюшкина

Южный федеральный университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Россия
konspirator10@mail.ru

В настоящее время проблема взаимодействия человеческого общества с природой приобрела особую остроту [Жеребцов, Кузнецова, 2014]. Результатом возрастающей антропогенной нагрузки на почву являются значительные экологические изменения. [Зайнитдинова, 2016]. При решении сложных вопросов изменения почв под влиянием антропогенных воздействий обычно применяемые методы анализа химических и физических свойств почвы зачастую не срабатывают и не могут служить диагностическими признаками, поскольку не отражают изменений, происходящих в почве. В таком случае для целей диагностики почв преимущество имеют живые организмы, а также продукты их жизнедеятельности [Дорофеева, 2003]. Отражением антропогенного воздействия на экосистему служат морфологические и структурные изменения микробных популяций, изменение их биохимической активности. Микробные реакции на воздействие антропогенного фактора проявляются быстро, достаточно отчетливо, что позволяет в короткие сроки выявить наиболее ранимые экологические зоны, прогнозировать их состояние при сохранении или устранении антропогенного воздействия [Боер, 2012].

Целью данной работы явилось изучение бактериального разнообразия почв рекреационных зон городов Ростовской области в разные сезоны года. Для достижения данной цели производились выделение и идентификация доминирующих родов бактерий в выделенных почвах.

Объектами исследования были почвы рекреационных зон мегаполиса Ростова-на-Дону и двух небольших близлежащих городов – Азова и Аксая, находящихся на расстоянии 25 км и 1,7 км, соответственно. Почва отбиралась методом «конверта» на глубине 0–10 см в следующих парках: им. Максима Горького и им. Николая Островского в городе Ростове-на-Дону; «Жемчужина Азова» и сквер Азова в городе Азове; в парке Культуры и отдыха и в Мухиной балке в городе Аксае.

Отбор проб и посев материала производились в 2015 году три раза: весной, летом и осенью.

Выделение бактерий производилось путем глубинного посева четвертого и пятого почвенного разведения на среду мясопептонный агар (МПА) с последующим отбором доминирующих родов. Для определения бактерий до рода, помимо их микроскопирования, был поставлен ряд тестов: окраска по Граму, определение каталазной и оксидазной активности, OF-тест (определение расщепления глюкозы бактериями) на среде Хью-Лейфсона, *тест на образование ацетилметилкарбинола* (Реакция Фогеса – Проскауэра) на среде Кларка. Определение производилось в соответствии с Определителем бактерий Берджи [1997].

По результатам проведенного исследования было установлено, что род *Bacillus* преобладал в почвах парков города Ростова-на-Дону во все сезоны (табл. 1). В Азове и Аксае нельзя однозначно назвать доминирующий род – в них с одинаковой частотой встречались наряду с бактериями рода *Bacillus* бактерии других родов: в Аксае – роды *Pseudomonas* и *Acinetobacter*, в Азове – все вышеперечисленные роды и род *Agrobacterium*. Состав преобладающих родов в почвах парков этих двух городов изменялся в зависимости от сезона года. Так, в городе Азове весной и летом наиболее часто встречающимися родами были *Agrobacterium*, *Acinetobacter* и *Bacillus*, а осенью – *Bacillus* и *Pseudomonas*. В городе Аксае весной и осенью доминировали Bacillus и Pseudomonas, а летом *Acinetobacter*. Бактерии рода *Pseudomonas* в исследуемых почвах летом обнаруживались лишь в небольших количествах, вероятно из-за того,

что уровень влажности в этот период года был для них слишком низким. К таким условиям наравне с родом *Bacillus* приспособлен род *Acinetobacter*, оптимальная температура развития которого лежит в диапазоне 30–35 °С.

Таблица 1. Доминирующие роды бактерий в почвах парков Ростовской области

Город	Парк	Доминирующие роды бактерий		
		Весна	Лето	Осень
Ростов-на-Дону	им. М. Горького	*Bacillus*	*Bacillus*	*Bacillus*
	им. Н. Островского	*Bacillus*	*Bacillus*	*Bacillus*
Азов	«Жемчужина Азова»	*Acinetobacter, Agrobacterium*	*Acinetobacter*	*Bacillus*
	Сквер Азова	*Bacillus*	*Bacillus, Agrobacterium*	*Bacillus, Pseudomonas*
Аксай	Культуры и отдыха	*Bacillus, Pseudomonas*	*Acinetobacter*	*Bacillus*
	Мухина балка	*Bacillus, Pseudomonas*	*Acinetobacter*	*Bacillus, Pseudomonas*

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее часто встречающимся родом в почвах парков исследуемых рекреационных зон Ростовской области, является род Bacillus, обладающий большим видовым разнообразием. Причем представителей данного рода больше всего осенью – они преобладают в почвах парков всех трех городов, что напрямую связано с большим количеством органических веществ в виде листового опада в данный период. В городе Ростове-на-Дону во все сезоны преобладали исключительно бактерии рода *Bacillus*, так как они более устойчивы к техногенному прессу благодаря их более толстым клеточным стенкам, которые обеспечивают им более надежную защиту от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Их преобладание во всех исследуемых почвах также объясняется способностью образовывать споры, что позволяет им выживать при самых неблагоприятных условиях, таких как: недостаточная влажность почвы летом, резкие колебания температур весной и осенью, действие различных химических соединений, характерных для урбопочв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боер И.В. Состояние почвенного микробоценоза как показатель экологического состояния антропогенно-преобразованных почв // *Проблемы современной аграрной науки:* мат-лы Междунар. заочной науч. конф. 15 октября 2012 г. / под ред. Г.И. Цугленок, Ж.Н. Шмелевой. Красноярск: КрасГАУ, 2012. С. 33–36.

Дорофеева В.А. *Влияние минеральных и органических удобрений на биологическую активность дерново-подзолистых и серых лесных почв Среднего Поволжья*: автореф. дис. … канд. биол. наук. Нижний Новгород, 2003. 23 с.

Жеребцов А.А., Кузнецова Е.Л. и др. Загрязнение почвы химическими соединениями и их очистка // *Студенческий научный форум – 2014*: VI Междунар. студенческая электронная науч. конф. URL: http://www.scienceforum.ru/2014/458/1650

Зайнитдинова Л.И. *Влияние экстремальных факторов на почвенную микробиоту* // Sci-article. 30.06.2016. URL: http://sci-article.ru/stat.php?i=1467095090

Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Смита и др.; пер. с англ. В 2-х т. М.: Мир, 1997.

РЕЗУЛЬТАТЫ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

К.В. Дюжова

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
kristi_kras007@mail.ru

Спорово-пыльцевой анализ имеет ряд преимуществ перед другими палеоботаническими методами, применяемыми в палеогеографических исследованиях аридных и семиаридных зон. Проведение работ в засушливых областях осложняется существованием небольшого числа объектов, обеспечивающих хорошую сохранность палинологического материала. Еще одной проблемой является недостаточное количество радиоуглеродных датировок, что затрудняет проведение палеореконструкций. Спорово-пыльцевой анализ донных отложений Азовского моря, уникального объекта, позволяющего сохранить большое таксономическое разнообразие пыльцы и спор и обеспечивающего хорошую сохранность материала, является в настоящее время перспективным направлением.

Активное применение метода спорово-пыльцевого анализа при изучении донных отложений Азовского моря происходило во второй половине XX в. [Панов и др., 1964, Вронский, Хрусталев, 1967; Вронский, 1976, Исагулова, 1978], однако к концу века исследования были приостановлены. В 2006 г. в Южном научном центре РАН возобновлены работы по изучению голоценовых морских осадков [Матишов и др. 2006; 2007; 2011; 2012]. Материалом для настоящего исследования послужила серия колонок донных отложений, отобранных в различных частях моря в 2005–2013 гг. Радиоуглеродное определение возраста отложений было выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (под руководством д.г.-м.н., профессора Х.А. Арсланова) [Матишов и др., 2009].

Спорово-пыльцевой анализ отложений показал, что преобладающей в спектрах колонок является пыльца представителей семейства Chenopodiaceae (в среднем 30–40 %) и рода *Artemisia* (в среднем 20–30 %). Содержание пыльцы Poaceae также высоко и достигает в некоторых образцах 15–20 %. Пыльца разнотравья (Apiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Brassicaceae) широко представлена во всех слоях. В группе пыльцы древесных пород преобладает пыльца *Alnus* sp. и *Betula* sp. В высокой степени на формирование спектров оказывает влияние пыльца *Quercus* sp. и *Carpinus* sp. В качестве постоянных компонентов группы пыльцы древесных можно отметить *Picea* sp., *Pinus* sp., *Corylus* sp., *Fagus* sp., *Tilia* sp. и *Ulmus* sp. Пыльцевые зерна водных растений (*Sparganium* sp., *Typha latifolia* L., *Potamogeton* sp.) встречаются повсеместно. Споры немногочисленны и представлены преимущественно папоротниками семейства Polypodiaceae. Кроме них, отмечены споры сфагновых мхов и лесных плаунов. Несмотря на сходство спорово-пыльцевых спектров, состав и соотношение компонентов варьирует в слоях различного возраста. В изученных разрезах выделены пыльцевые зоны, спектры которых относятся к ксерофитному (степному) и мезофитному (лесостепному) типам. На основании проведенного анализа соотношения компонентов спектров была проведена реконструкция изменений, происходящих в растительном покрове на протяжении последних 7000 лет.

Согласно результатам изучения морских отложений Азовского моря (рис. 1) в атлантический период голоцена (изученный период около 7000–5000 календарных лет назад) в Приазовье была распространена степная растительность с участием галофитных сообществ на побережье. В позднеатлантическое время была выделена относительно кратковременная фаза (возраст около 6200–5700 календарных лет назад), характеризующаяся увеличением

площади ольхово-березовых пойменных и байрачных лесов, в состав которых в виде примеси входили широколиственные породы (дуб, вяз, клен и др.), а также сосновых боров на высоких террасах Дона.

Данные спорово-пыльцевого анализа морских отложений Азовского моря, соответствующих суббореальному периоду голоцена (5000–2500 календарных лет назад), указывают на динамичные изменения, происходящие в растительном покрове (см. рис. 1). В ходе исследования выявлено, что в раннем суббореале (примерно 5500–4000 календарных лет назад) произошло увеличение доли древесной растительности на побережье и прилегающих территориях. Данная фаза хорошо коррелирует с процессом похолодания и увлажнения климата в лесостепной области Восточно-Европейской равнины, в ходе которого происходило максимальное продвижение лесной растительности на юг, вплоть до бассейна Среднего Дона [Спиридонова, 1991; Novenko et al., 2012].

В среднем суббореале (4000–3100/3200 календарных лет назад) по данным изучения морских отложений выделяется фаза иссушения климата. Присутствие незначительного количества пыльцы деревьев и кустарников в спектрах отложений, сформировавшихся в среднем суббореале, свидетельствует об установлении неблагоприятных условий для существования интразональных лесных сообществ в этот период. Значительное обеднение состава разнотравья и увеличение доли пыльцы маревых, полыни и злаков, указывает на широкое распространение ксерофитного варианта бедноразнотравно-злаковых степей и засоленных грунтов.

Анализ спорово-пыльцевых спектров отложений позднего суббореала, позволяет реконструировать фазу увлажнения климата (3200–2500 календарных лет назад), в ходе которой расширились территории, занятые лесной растительностью.

Следующий этап развития растительного покрова совпадал со временем начала субатлантического периода и продолжался от 2500 до 1800 календарных лет назад. Он отражает довольно теплые условия с распространением на побережье разнотравно-злаковых и полынно-маревых степей. Засоленные понижения занимали солончаковые сообщества в сочетании с галофитными лугами. Период около 1800–1500 календарных лет назад – это еще один временной интервал, где происходит увеличение доли древесной интразональной растительности, что указывает на некоторую мезофитизацию условий. Полученные выводы подтверждаются К.В. Кременецким [1997], которым на основе данных спорово-пыльцевого анализа отложений разреза Раздорское-1 было показано расширение площадей березовых и широколиственных лесов в долине Нижнего Дона. В спорово-пыльцевых спектрах колонок, расположенных на востоке и юго-востоке Азовского моря, увеличение доли пыльцы дуба, граба и орешника в отложениях, накопившихся в данный период, может свидетельствовать об увеличении площадей, занятых широколиственными дубовыми и дубово-грабовыми лесами в Предкавказье.

В последующее время в Приазовье сформировался облик современных степей. Состав спорово-пыльцевых спектров с преобладанием пыльцы трав указывает на существование засушливых условий (рис. 1). В спектрах морских отложений, соответствующих возрасту 600–500 календарных лет назад были обнаружены заметные изменения состава. Вероятнее всего этот довольно кратковременный, но заметный этап характеризовался значительной трансформацией растительного покрова. Резкое увеличение пыльцы древесных пород в спектрах колонок северной части Азовского моря, видимо, отражает некоторое похолодание климата, при котором происходит расширение площади пойменных лесов в долинах крупных рек. Этот временной отрезок может служить частью общего процесса похолодания, происходящего в Малый ледниковый период [Mann et al., 2009], широко известного в Северном полушарии [Палеоклиматы и палеоландшафты ... 2009]. Последующее изменение ландшафтно-климатических условий шло по пути аридизации климата и распространения степной растительности.

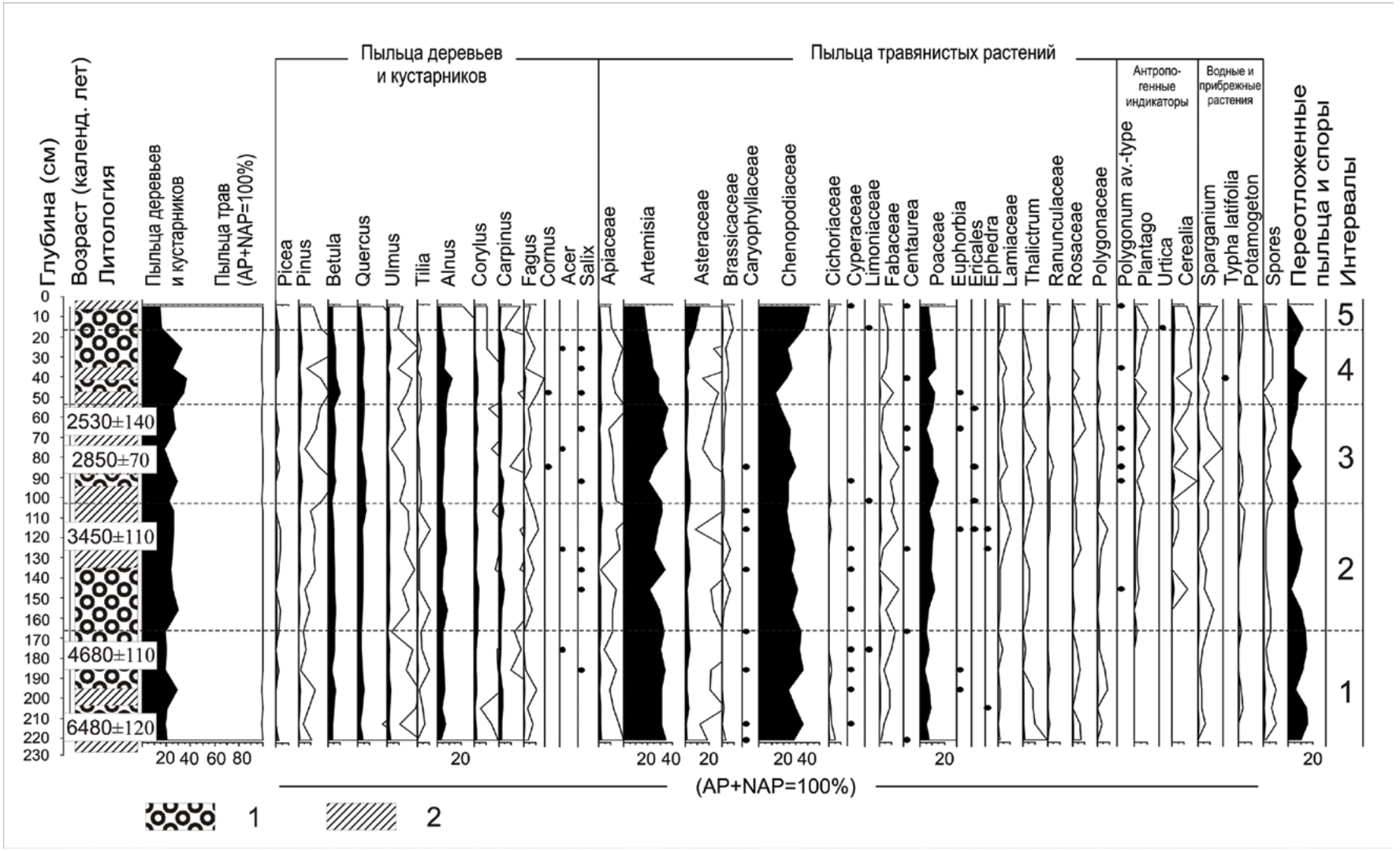


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма колонки, отобранной в центральной части моря (AP + NAP = 100 %)
Примечания: **1** – раковинный ил, **2** – глинистый ил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вронский В.А. *Маринопалинология южных морей*. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1976. 200 с.

Вронский В.А., Хрусталев Ю.П. К биостратиграфической характеристике позднечетвертичных отложений в акватории Азовского моря // *Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССС*. 1967. Вып. 1. С. 3–9.

Исагулова Е.З. *Палинология Азовского моря*. Киев: Наукова думка, 1978. 88 с.

Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии // *Степь и Кавказ*. *Тр. ГИН*. Вып. 97. М.: Наука, 1997. С. 30–45.

Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Новенко Е.Ю. Результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализа грунтовых колонок азовского шельфа // *Доклады Академии наук*. 2007. Т. 416. № 2. С. 250–255.

Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Польшин В.В. Новые данные о скорости седиментации в Азовском море в позднем голоцене // *Доклады Академии наук*. 2009. Т. 428. № 6. С. 820–823.

Матишов Г.Г., Новенко Е.Ю., Краснорукая К.В. Динамика ландшафтов Приазовья в позднем голоцене // *Вестник Южного научного центра*. 2011. Т. 7. № 3. С. 35–43.

Матишов Г.Г., Новенко Е.Ю., Краснорукая К.В. Изменения климата Приазовья в позднем голоцене // *Доклады Академии наук*. 2012. Т. 444. № 3. С. 320–324.

Матишов Г.Г., Польшин В.В., Ильин Г.В., Новенко Е.Ю., Карагеоргис А. Закономерности литохимии и палинологии современных донных отложений Азовского моря // *Вестник Южного научного центра*. 2006. Т. 2. № 4. С. 38–51.

Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен / под ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС, 2009. 120 с.

Панов Д.Г., Вронский В.А., Александров А.Н. Распределение и состав пыльцы и спор в поверхностном слое осадков Азовского моря // *Доклады АН СССР*. 1964. Т. 155. № 4. С. 818–821.

Спиридонова Е.А. *Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене – голоцене* (*верхний палеолит – бронза*). М.: Наука, 1991. 221 с.

Mann M.E., Zhang Z., et al. Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*. 2009. Vol. 326. P. 1256–1260.

Novenko E.Yu., Volkova E.M., Glasko M.P., Zuganova I.S. Palaeoecological evidence for the middle and late Holocene vegetation, climate and land use in the upper Don River basin (Russia). *Vegetation History and Archaeobotany*. 2012. Vol. 21 (4–5). P. 337–352.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ (КАК ФАКТОРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ) УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (на примере г. Воронежа)

С.А. Епринцев[1], О.Е. Архипова[2,3], С.В. Шекоян[1]

[1]Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия
[2]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[3]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
esa81@mail.ru

Социально-экономические условия России в конце XX – начале XXI в. претерпели ряд преобразований, повлиявших и на экологическую ситуацию урбанизированных территорий. Так, на протяжении XX в. основным источником загрязнения окружающей среды российских городов являлся промышленно-энергетический комплекс. Однако в начале XXI в. с ужесточением экологического законодательства объёмы промышленных выбросов существенно сократились. При этом мощное развитие экономики государства обусловило существенное возрастание доходов населения вплоть до конца 2014 г., что в свою очередь привело к существенному возрастанию автотранспорта в данный период.

Так, снижение себестоимости автотранспортных средств, ведущее к увеличению количества личного автотранспорта, при явном отставании в развитии пропускной способности автодорог, приводит к постоянному возникновению дорожных заторов практически во всех крупных городах мира, производной которых является загрязнение атмосферы антропогенными поллютантами – факторами риска возникновения экологически-обусловленных заболеваний.

Кроме того, до реализации федеральной программы по утилизации старых автомобилей в 2010 г. большую часть личного автотранспорта в российских городах составляли автомобили, возраст которых превышал 10 лет. При работе двигателей таких автомобилей (как российских, так и ввезенных из-за рубежа в 1990-е гг.) на низких передачах в условиях городских транспортных заторов происходят существенные выбросы в атмосферу отработанных газов транспорта. На территории большинства крупных городов России, выбросы автотранспорта являются основным источником антропогенных поллютантов в окружающей среде.

На фоне возрастающего геохимического загрязнения среды обитания у населения многих крупных городов проявляются экологически обусловленные заболевания, что вызывает повышенное внимание ученых и экологов-практиков к исследованию механизмов формирования зон антропогенного загрязнения и поиску эффективных путей оздоровления городской среды обитания [Епринцев, Куролап, 2009; Куролап и др., 2010; 2012; Епринцев, Архипова, 2012; Архипова, Приваленко, 2013; Arkhipova, Lychagina, 2011].

Эти проблемы актуальны для многих городов Центральной России, в том числе и для Воронежа – крупнейшего центра Черноземья. Город Воронеж имеет разветвленную промышленно-транспортную инфраструктуру, сложную архитектурно-планировочную структуру городской застройки, что служит предпосылкой формирования зон экологического риска и, как следствие этого, – появления некоторых экологически обусловленных заболеваний у населения. Город типичен для урбанизированных центров Европейской части страны, что позволяет на его примере вполне репрезентативно оценивать экологические риски для населения при воздействии автотранспортного комплекса [Епринцев, Куролап, 2009; Куролап и др., 2010; 2012].

Главной причиной высокого загрязнения природной среды города выбросами автотранспорта является низкая скорость движения автотранспортных средств, которая в дневное время в центральной части города составляет около 10–40 км/ч (этот показатель уменьшается в условиях автомобильных пробок в часы «пик»), притом что экологически оптимальная скорость – 90 км/ч.

Таким образом, средняя скорость движения автомобилей в населённых пунктах, а также плотность транспортных потоков могут служить индикаторами качества окружающей среды территории.

Для анализа загруженности городских автодорог и последующего прогнозирования загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий проанализирована статистика загруженности автомобильных дорог городского округа г. Воронежа в различные временные интервалы и дни недели в июле и октябре 2015 г. [Яндекс.Карты, 2015; Пробки онлайн в Воронеже, 2015].

По данным портала «Яндекс.Пробки» представляется возможным оценить среднюю скорость движения транспортных потоков на различных магистралях по данным дистанционного зондирования. Технология сервиса устроена таким образом, что информацию о пробках собирают, в том числе, и сами пользователи [Яндекс.Карты, 2015]. Каждые две минуты программа-агрегатор собирает, как мозаику, информацию, полученную от пользователей мобильных Яндекс-карт в одну схему. Эта схема отрисовывается на слое «Пробки» сервиса «Яндекс.Карты» [4].

По данным портала «Яндекс.Пробки» нами проведено исследование загруженности основных транспортных артерий города Воронежа в различные временные интервалы в летне-осенний период 2015 года. По результатам проведенных исследований, наиболее загруженные участки города Воронежа – Московский пр-т (средняя скорость движения 20–25 км/ч), пр-т Революции (35 км/ч), ул. Ф. Энгельса (20 км/ч), ул. Кольцовская (15–20 км/ч).

Наиболее загруженным является административный центр города, что вполне соответствует данным о загрязнении атмосферы города Воронежа оксидами углерода, азота, формальдегидом и другими антропогенными поллютантами. Дорожные заторы образуются преимущественно в утренние и вечерние часы понедельника и пятницы [Яндекс.Карты, 2015; Пробки онлайн Воронеж, 2015].

Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения на территории города Воронежа постоянного комплексного геоэкологического мониторинга воздушного бассейна, а также разработки и внедрения мер по оздоровлению среды обитания.

Таким образом, анализируя автотранспортный комплекс г. Воронежа, установлено, что при постоянном росте количества личного автотранспорта и при неудовлетворительном состоянии автомобильных дорог уровень загрязненности городской среды г. Воронежа антропогенными поллютантами, источниками которых является автотранспорт, превышает 80 % от общего количества загрязнителей окружающей среды [Епринцев, Куролап, 2009].

Установлено, что очаги загрязнения в теплый и холодный периоды года относительно стабильны за 10 лет, а наиболее сильное загрязнение атмосферы антропогенными поллютантами, являющимися факторами экологического риска появления экологически обусловленных заболеваний населения, наблюдается в центральной части города, а также на территории микрорайона «Машмет» Левобережного района г. Воронежа (на данной территории помимо автотранспортного комплекса существенный «вклад» в загрязнение окружающей среды вносят промышленные предприятия). Более чистые зоны города отчетливо тяготеют к внепромышленным, «спальным» микрорайонам (Северный и микрорайон ВГАУ).

В наибольшей степени в Воронеже при воздействии автотранспортного комплекса формируются зоны повышенного и высокого риска появления экологически-обусловленных заболеваний крови и сердечно-сосудистой системы под воздействием оксида углерода (II), органов дыхания и крови при воздействии диоксида азота, органов дыхания, глаз, снижения иммунитета при воздействии формальдегида [Епринцев, Куролап, 2009].

Таким образом, для снижения уровней риска появления экологически-обусловленных заболеваний приоритетной задачей для г. Воронежа является модернизация транспортных сетей города с улучшением качества дорожного покрытия, с увеличением их пропускной способности, средней скорости движения транспортных средств.

Для улучшения ситуации, новым Генпланом предложены следующие мероприятия [Куролап и др., 2010].

1. Увеличение пропускной способности городских автодорог. Для этого предусмотрено создание объездных путей основных транспортных артерий города и основных «проблемных» перекрестков.

2. Обеспечение движения автомобилей на всех транспортных артериях города в режиме «зеленая волна». То есть все светофоры города должны быть настроены таким образом, чтобы при движении автомобиля с одинаковой скоростью – 60 км/ч – на всех встречающихся ему светофорах был «зеленый сигнал». Примером эффективного использования данного режима автодвижения может служить разветвленная, но прекрасно организованная сеть автодорог столицы Белоруссии – города Минска.

3. Повышение качества дорожного покрытия. Эта мера особенно важна для г. Воронежа, т.к. позволит существенно снизить запыленность и загазованность воздушной среды города. Во многом это связано с рациональной организацией ремонтно-строительных дорожных работ. При ремонте дорог целесообразно использовать более качественный материал дорожного покрытия, современные технологии холодного рециклинга. Причем ремонт автодорог желательно осуществлять в ночное время, производя за один сеанс 100 % работ. При работе ремонтных бригад в дневное время суток практически всегда на улицах города создаются длинные автомобильные пробки, затрудняется и общее движение, а в часы пик вообще может возникнуть «транспортный коллапс».

Кроме того, на территории г. Воронежа в зимнее время года движение автотранспорта нередко осложняется снежными заносами, гололедом, а работа снегоуборочной техники в дневное время лишь увеличивает размеры автомобильных пробок.

Следует, однако, отметить, что в течение 2009 г. эта серьезная проблема начала конструктивно решаться. Так, к ноябрю 2009 г. завершена укладка нового дорожного покрытия по всему Московскому проспекту от северного въезда в город до центральной площади им. В.И. Ленина, что значительно улучшило качество движения по трассе, хотя и не избавило автовладельцев и общественный транспорт от «пробок» на многочисленных перекрестках и светофорах.

4. Освобождение проезжей части от пешеходных потоков осуществимо строительством подземных и надземных переходов на оживленных перекрестках и остановках городского транспорта – «Памятник Славы», «Центральный автовокзал», «Северный универсам», «Центральный рынок», «ул. Остужева» и др. Экономическая целесообразность строительства подземных переходов заключается в возможности продажи в них торговых площадей. В местах невозможности сооружения подземных переходов по различным причинам их можно заменить пешеходными эстакадами.

5. Развитие электротранспорта. В новом Генплане города планируется развитие сети городского пассажирского транспорта с созданием вдоль существующего железнодорожного полотна изолированных железнодорожных путей для пропуска по ним нового вида скоростного транспорта – «легкого метро» с использованием модернизированной эстакады Северного мостового перехода для соединения основной части города с его левобережной частью. Создание линии «легкого метро» позволит, как считают проектировщики, значительно разгрузить мостовые переходы от движения общественного транспорта.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 16-35-50066 мол_нр «Использование данных дистанционного зондирования Земли для изучения природного каркаса как фактора экологической безопасности урбанизированных территорий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архипова О.Е., Приваленко В.В. Результаты эколого-геохимических исследований загрязнения атмосферы Адлерского района Большого Сочи // *Фундаментальные исследования*. № 11–7. 2013. С. 1374–1382.

Епринцев С.А., Архипова О.Е. Экологическая комфортность урбанизированной территории Адлерского района города Сочи в условиях интенсивного антропогенного прессинга // *Вестник Воронежского государственного университета.* Сер. География. Геоэкология. 2012. № 2. С. 100–104.

Епринцев С.А., Куролап С.А. Оценка влияния автотранспортного комплекса на появление экологически-обусловленной заболеваемости населения г. Воронежа // *Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации*. № 2(23). М., 2009. С. 63–68.

Куролап С.А., Епринцев С.А., Клепиков О.В. и др. *Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска: монография*. Воронеж: Истоки, 2010. 207 с.

Куролап С.А., Клепиков О.В., Епринцев С.А. *Экологическая экспертиза и оценка риска здоровью*. Воронеж: Научная книга, 2012. 108 с.

Пробки онлайн в Воронеже. URL: http://pddrussia.ru/probki_online.php?city=voronezh

Яндекс.Карты. URL: https://maps.yandex.ru/

Arkhipova, O., Lychagina Yu. The Atmosphere's Surface Layer Pollution: GIS-Technologies Approach. *Medcoast-11. 10th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment* (Rhodes, Greece, Oct. 25–29, 2011). Vol. 1, 2. 2011. P. 925–932.

АУТЭКОЛОГИЯ МЕЛКОГО СОКОЛА – КОБЧИКА (*Falco vespertinus*, Falconiformes, Falconidae) В ПРЕДЕЛАХ АРЕАЛА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ

А.И. Ермолаев

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
ermolaev@ssc-ras.ru

Соколообразные, или дневные хищные птицы (Falconiformes), являются самым уязвимым и чутко реагирующим звеном на изменение условий жизни в природных экосистемах в результате влияния экологических факторов, так как занимают верхние уровни трофической пирамиды [Галушин, 1982; Ивановский, 1990; Шепель, 1992; Ильюх, Хохлов, 2010; Ермолаев, 2015; Davis, Newton, 1981; Harris, 1984; Carlton, 1996; Newton, 1998]. В связи с этим необходимо проводить детальные исследования аутэкологии видов с целью понимания их экологических адаптаций к трансформированной среде обитания с последующей разработкой адекватной и эффективной стратегии охраны редких видов соколообразных.

Объектом для настоящего исследования выбран один из видов хищных птиц рода соколов (Falconidae) – кобчик (*Falco vespertinus* L.). Мелкий сокол распространен в лесной, лесостепной и части степной зон от Карпат и Карелии до Якутии и Байкала [Рябицев, 2001]. Южная граница его ареала проходит через Сербию, Болгарию, Украину, Южную Россию и Северный Казахстан [Cramp, Simmons, 1980; Purger, 2008 и др.]. По классификации Международного союза охраны природы этот вид оценивается как «находящийся под угрозой исчезновения» из-за снижения численности в пределах ареала вследствие потери и деградации мест обитания, нехватки подходящих мест для гнездования и пищевых ресурсов, влияния таких факторов как хищничество, конкуренция, болезни, пестициды и охота [Forero et al., 1996; Newton, 1998; Ferguson-Lees, Christie, 2001; Fehérvári et al., 2012; BirdLife Int., 2013; 2016; Catry et al., 2013 и др.]. Проблему с нехваткой мест для гнездования можно легко решить, если устанавливать искусственные гнездовья [Fehérvári et al., 2012].

Кобчик включен в список редких видов птиц Европы и в Приложение к Красной книге РФ – в перечень объектов животного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде. Также мелкий сокол внесен в Приложение II Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения и Бернской конвенции по сохранению европейской дикой природы и естественных сред обитания. Довольно редок исследуемый вид для равнинной части Чечни [Рашкевич, 1960 и др.] и Белоруссии [BirdLife Int., 2004]. Мелкий сокол является обычным гнездящимся видом в степной части бассейна р. Дон в пределах Ростовской области [Белик, 2000], в долине р. Маныч [Гизатулин, Рогова, 2002; Ильюх, Хохлов, 2010; Лебедева и др., 2011 и др.] и юго-западной Калмыкии [Ильюх и др., 2005]. В низовьях Кубани кобчик сохранился по пойменным лесам и лесополосам вдоль автомобильных трасс [Ильюх, Заболотный, 1999].

Европейская популяция исследуемого вида оценивается в 26000–39000 тыс. гнездящихся пар [BirdLife Int., 2016]. Численность вида в России, Украине и Казахстане остается пока относительно высокой благодаря его гнездованию в искусственных полезащитных лесонасаждениях [Palatitz et al., 2009]. Комплексные программы по сохранению данного вида, которые направлены на повышение и поддержание размножающихся популяций кобчика, ведутся в Венгрии, Болгарии и Западной Румынии [Palatitz et al., 2009; BirdLife Int., 2016].

В данной работе изучена экология размножения мелкого сокола – кобчика в долине Маныча в сравнительном аспекте с данными из других частей ареала. Исследования проведены

в конкретном районе южного региона России – Кумо-Манычской впадине, окрестностях оз. Маныч-Гудило, на базе научно-экспедиционного стационара «Маныч» Южного научного центра РАН (Ростовская обл.) в 7 колониальных поселениях грача (*Corvus frugilegus* L.), чьи гнезда сокол использовал для размножения, в течение 2009–2012 / 2015–2016 гг. Колонии расположены в полезащитных лесополосах, сформированных основным древесным видом – белой акацией (*Robinia pseudoacacia* L.). Место исследований расположено в западной подобласти атлантико-континентальной степной области умеренного пояса и характеризуется недостаточным увлажнением, жарким и сухим летом, а также сравнительно теплой зимой [Алисов, 1956; Агроклиматические ресурсы … 1972; Природные условия … 1986; Панов и др., 2006 и др.].

Гнезда кобчика обследовали через сутки и для каждого из них отмечали величину полной кладки, фенологическую дату откладки первого и, если это возможно, каждого последующего яйца. Для некоторых кладок с известными сроками вылупления птенцов вычисляли фенологическую дату откладки первого яйца, зная величину кладки и медианное значение продолжительности инкубационного периода у данного вида [Village, 1990]. Продолжительность насиживания и инкубации определяли в результате визуальных наблюдений с последующими расчетами, исходя из сроков начала и окончания откладки яиц и вылупления птенцов. Яйца в период откладки метили водостойким маркером. Названия видов птиц приведены по Л.С. Степаняну [2003]. Всего под наблюдением было 36 гнезд мелкого сокола – кобчика, из них с полными кладками – 34.

Мелкий сокол предпочитает сухие и открытые местообитания с невысокой растительностью и разреженными деревьями, буреломами и лиственной лесистой местностью, также может гнездиться вокруг водоемов, рек и лугов [Shirihai, 1996; Forsman, 1999; Kren, 2000; Goriup et al., 2007; Соколов, Лада, 2011 и др.]. Так, например, в Греции кобчиков можно встретить на сельскохозяйственных полях, в любой точке страны, в стае до 100 птиц; стаи 20–30 птиц – обычны [Handrinos, Akriotis 1997]; в Казахстане – обитает в прибрежных лесах, лесостепях и степях [Wassink, Oreel, 2007].

Кобчик – колониальная птица и редко встречается поодиночке [Clark, 1999; Goriup et al., 2007 и др.]. Данный сокол, как и обыкновенная пустельга (*Falco tinnunculus* L.), может обитать совместно со степной пустельгой, а также, например, с амурским кобчиком (*Falco amurensis* R.) и чеглоком (*Falco subbuteo* L.) [Dowsett et al., 2008].

Весной в долине Маныча на гнездовых участках сокол появляется во II–III декадах апреля и I декаде мая, что согласуется с литературными данными из других частей ареала [Завьялов и др., 2005; Ильюх, 2008; Purger, 1997 и др.].

Спаривание начинается с прилета и сопровождается брачным полетом над местом гнездовья. Самка часто присаживается на гнездо. Самцы, а иногда и оба партнера, летают широкими кругами со своеобразными глубокими взмахами крыльев. Спариванье происходит на деревьях.

Кобчик предпочитает селиться в старых гнездах грачей, сорок и ворон как в других частях ареала, так и в долине Маныча, а также, как и обыкновенная пустельга, может гнездиться в дуплах, норах оврагов, искусственных гнездовьях и др. [Брем, 1911; Дементьев и др., 1951; Данилов, 1969; Линдеман, 1971; Галушин, 1980; Шепель, 1992; Рябицев, 2001; Ленёва, Давыгора, 2006; Нумеров и др., 2007; Ильюх, 2008; Соколов, Лада, 2011; Horváth, 1964, 1975; Fülöp, Szlivka, 1988; Haraszthy et al., 1994; Forsman, 1999; Purger, Tepavčević, 1999; Roberts, 2000; Végvári, 2001; Ille et al., 2002; Gustin et al., 2006; Purger, 2008; Palatitz et al., 2009, 2015; Heiss, 2011; Fehérvári et al., 2015 и др.]. Так, например, на территории Румынии в колониях вдоль Дуная и в Трансильвании мелкий сокол гнездится преимущественно в гнездах грача, но отдельные пары также используют старые гнезда сорок и ворон [Roberts, 2000; Goriup et al., 2007 и др.].

В окрестностях оз. Маныч-Гудило откладка яиц исследуемого вида начинается во II–III декадах мая и проходит в разных гнездах асинхронно, в других частях ареала – в мае–июне [Дементьев и др., 1951; Ильюх, 2008 и др.]. В первые 2–3 сут. с начала откладки яиц плотно не насиживают их, а лишь охраняют гнезда, находясь в них или рядом с ними.

Полная кладка мелкого сокола в долине р. Маныч составляет 3–6 яиц (n = 118), в пределах ареала – варьирует от 2 до 7 яиц [Брем, 1911; Дементьев и др., 1951; Иванов и др., 1951; Шепель, 1992; Рябицев, 2001; Завьялов и др., 2005; Гизатулин, 2007; Соколов, Лада, 2011; Del Hoyo et al., 1994; Purger, 2001 и др.]. Так, например, в Румынии и Армении величина кладки варьирует от 4 до 6 яиц [Даль, 1954; Goriup et al., 2007]; в Тамбовской обл. – от 3 до 5 яиц [Соколов, Лада, 2011] и др.

Кладки у кобчика насиживают оба партнера, что согласуется с литературными данными из других частей его ареала [Дементьев и др., 1951; Аверин и др., 1971; Del Hoyo et al., 1994 и др.], от 27 до 37 сут. (n = 34). Однако Л.А. Портенко [1951] отметил, что в насиживании участвуют преимущественно самки. Продолжительность насиживания кладок в пределах ареала мелкого сокола варьирует от 27 до 31 сут. [Дементьев и др., 1951; Иванов и др., 1951; Ильюх, 2008; Del Hoyo et al., 1994 и др.], но может составлять и 22–25 сут. [Галушин и др., 1991].

Птенцы вылупляются асинхронно в соответствии с порядком откладки яиц в течение 2–3 сут. и покидают гнезда в возрасте 16–21 сут., чаще – на 18–20 сут. Вылет птенцов происходит в III декаде июня–июля. Родители выкармливают птенцов так же, как и обыкновенная пустельга. При плохих кормовых условиях плодовитость у кобчика ниже. Так, например, в Наурзуме (Казахстан) в 1936 г. в среднем на гнездо приходилось 2,6 птенца, тогда как в 1937 г. – 3,2 птенца (Осмоловская, 1940)[1]. В первые дни жизни младшие птенцы часто погибают, так как при выкорме птенцов кобчики, как и другие насекомоядные птицы, несколько менее тщательно оделяют птенцов пищей, чем виды, кормящиеся более крупной добычей. За кормом птенцам сначала летает только самец, передающий добычу самке, которая оделяет птенцов. Когда птенцы в 10–12-дневном возрасте надевают второй пуховой наряд начинает летать за кормом и самка. С середины июля и до начала августа – вылет птенцов, есть, впрочем, указания и на более ранние и на более поздние сроки: конец июня – Оренбургский кр. (Зарудный, 1888)*; 16–22 августа – в Минусинске (Красноярский кр.) (Сушкин, 1913)*.

Не разбившиеся выводки исследуемого вида, как по нашим данным, так, и литературным [Дементьев и др., 1951], держатся у гнезд около двух недель. Продолжительность жизни кобчика в естественной среде обитания составляет 13,2 лет [AnAge … 2016], тогда как в неволе – 18 лет.

Данные по питанию кобчика можно встретить в разных работах [Брем, 1911; Будниченко, 1950; Дементьев и др., 1951; Иванов и др., 1951; Аверин и др., 1971; Данилов, 1976; Галушин, 1980; Перерва, 1981; Галушин и др., 1991; Ильюх, 2008; 2009; Ленёва, 2011; Соколов, Лада, 2011; Тертышников, Высотин, 2012; Keve, Szijj, 1957; Horváth, 1964; Glutz v. Blotzheim et al., 1971; Cramp, Simmons, 1980; Fülöp, Szlivka, 1988; Del Hoyo et al., 1994; Haraszthy et al., 1994; Purger, 1998; Clark, 1999; Forsman, 1999; Palatitz et al., 2009; Szövényi, 2015 и др.]. Так, например, в Армении мелкий сокол охотится на различных насекомых, в том числе прямокрылых и чешуекрылых насекомых, а также на пауков и, редко, мелких амфибий, рептилий и млекопитающих [Даль, 1954]; в Тамбовской обл.: питается крупными насекомыми, реже мелкими позвоночными [Соколов, Лада, 2011]; в Замбии (Вост. Африка): питается летающими термитами [Dowsett et al., 2008]; в Зимбабве (Вост. Африка): питается исключительно насекомыми [Irwin, 1981] и др.

Анализ литературных данных и собственных результатов показал, что кобчик является преимущественно энтомофагом, однако в питании могут присутствовать не только насекомые, но и амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-34-00351 мол_а.

* Цит. по: [Дементьев и др., 1951].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аверин Ю.В., Ганя И.М., Успенский Г.А. *Птицы Молдавии*. Т. 2. Кишинев: Штиинца, 1971. С. 84–89.

Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 254 с.

Алисов Б.А. *Климат СССР*. М.: МГУ, 1956. 127 с.

Белик В.П. *Птицы степного Подонья*. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2000. 376 с.

Брем А. *Жизнь животных*. Т. 6. Птицы. СПб.: Рус. книж. тов. «Дъятель», 1911. 623 с.

Будниченко А.С. К экологии и сельскохозяйственному значению кобчика и других птиц в полезащитных лесонасаждениях // *Зоол. журн*. 1950. Т. 29. № 2. С. 97–106.

Галушин В.М. Роль хищных птиц в экосистемах // *Итоги науки и техники*. Сер. «*Зоология позвоночных*». 1982. Т. 11. С. 158–238.

Галушин В.М. *Хищные птицы леса: жизнеописания, проблемы, решения*. М.: Лесная пром-сть, 1980. 158 с.

Галушин В.М., Дроздов Н.Н. и др. Отряд соколообразные, или хищные птицы Falconiformes // *Фауна мира. Птицы*. М.: Агропромиздат, 1991. С. 68–91.

Гизатулин И.И. Гнездовые взаимоотношения врановых и соколиных птиц в долине западного Маныча // *Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах*. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2007. С. 155–157.

Гизатулин И.И., Рогова Н.В. Аутэкологические особенности соколов долины Западного Маныча // *Кавказский орнитол. вестн.* 2002. Вып. 14. С. 7–11.

Даль С.К. *Животный мир Армянской ССР*. Т. 1. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1954. 415 с.

Данилов Н.Н. Птицы Среднего и Северного Урала // *Тр. Уральского отд. МОИП*. 1969. Вып. 2. С. 3–123.

Данилов О.Н. *Хищные птицы и совы Барабы и Северной Кулунды*. Новосибирск: Наука, 1976. С. 82–88.

Дементьев Г.П., Гладков Н.А. и др. *Птицы Советского Союза*. Т. 1. М.: Советская наука, 1951. С. 147–152.

Ермолаев А.И. Сравнительная характеристика аутэкологии обыкновенной пустельги в пределах ареала // *Ежегодник: Хищные птицы и совы в зоопарках и питомниках*. Вып. 24. М.: Московский зоопарк, изд-во «Сельскохозяйственные технологии», 2015. С. 84–90.

Завьялов Е.В., Шляхтин Г.В. и др. Птицы севера Нижнего Поволжья: В 5 кн. // Кн. 1. *История изучения, общая характеристика и состав орнитофауны*. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2005. 296 с.

Иванов А.И., Козлова Е.В., Портенко Л.А., Тугаринов А.Я. *Птицы СССР*. Ч. 1. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 202–205.

Ивановский В.В. Хищные птицы и орнитологический мониторинг // *Сообщения Прибалтийской комиссии по изучению миграций птиц*. № 22: Вопр. орнитологич. мониторинга. Тарту, 1990. С. 92–101.

Ильюх М.П. Особенности экологии кобчика в трансформированных степных экосистемах Предкавказья // *Вестн. Оренбург. государств. ун-та* 2008. № 80. С. 131–139.

Ильюх М.П., Заболотный Н.Л. Хищные птицы и совы низовий Кубани // *Мат-лы III конф. по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии*. Ч. 2. Ставрополь, 1999. С. 59–65.

Ильюх М.П., Хохлов А.Н. *Хищные птицы и совы трансформированных экосистем Предкавказья*. Ставрополь, 2010. 760 с.

Ильюх М.П., Хохлов А.Н., Цапко Н.В., Ашибоков У.М. О хищных птицах Юго-Западной Калмыкии // *Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе*. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2005. С. 140–143.

Ильюх М.П. Хищные птицы и совы в агроландшафтах Предкавказья // *Вестн. Оренбург. государств. ун-та* 2009. Т. 9 (103). С. 110–114.

Лебедева Н.В., Ермолаев А.И., Скрылева Л.Ф., Родимцев А.С., Микляева М.А. Влияние экологических факторов на размножение обыкновенной пустельги и кобчика в долине Маныча // *Вестн. Южного научного центра*. 2011. Т. 7. № 2. С. 78–85.

Ленёва Е.А. Суточные изменения численности и доступности добычи мелких соколов в степях Южного Урала // *Зоолог. журн*. 2011. Т. 90. № 9. С. 1141–1145.

Ленёва Е.А., Давыгора А.В. Сравнительная характеристика размещения гнезд дендрофильных видов мелких соколов в степях Южного Урала // *Вестн. Оренбург. государств. ун-та.* 2006. № 5. С. 120–125.

Линдеман Г.В. Птицы искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне Северного Прикаспия // *Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне*. М.: Наука, 1971. С. 120–151.

Нумеров А.Д., Венгеров П.Д., Сапельников С.Ф., Соколов А.Ю., Куприянов А.А. Пример образования многовидового поселения птиц в результате гнездостроительной деятельности врановых // *Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах*: сб. мат-лов VIII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.М. Константинова. Ставрополь: СГУ, 2007. С. 39–43.

Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. *Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра*. Ростов н/Д: Донской издат. дом, 2006. 488 с.

Перерва В.И. Необычный случай индивидуальной избирательности в питании кобчика // *Орнитология*. 1981. № 16. С. 180.

Портенко Л. А. Отряд Falconiformes – Дневные хищные птицы // *Птицы СССР*. Ч. 1. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 156–205.

Природные условия и естественные ресурсы. Ростов н/Д: Рост. ун-т, 1986. 368 с.

Рашкевич Н.А. К экологии и сельскохозяйственному значению птиц степных лесонасаждений // *Зоолог. журн.* 1960. Т. 39. Вып. 5. С. 734–754.

Рябицев В.К. *Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. С. 140–143.

Соколов А.С., Лада Г.А. *Фауна и экология Тамбовской области*. Ч. 2. Тамбов: Издат. дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2011. 172 с.

Степанян Л.С. *Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области)*. М.: Академкнига, 2003. 808 с.

Тертышников М.Ф., Высотин А.Г. Трофическая взаимосвязь птиц и пресмыкающихся в Предкавказье // *Рус. орнитол. журн.* 2012. Т. 21. № 773. С. 1586–1587.

Шепель А.И. *Хищные птицы и совы Пермского края*. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. С. 181–202.

AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database. 2016. URL: http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Falco_vespertinus (06.08.2016).

BirdLife International. Species factsheet: Falco vespertinus. 2016. URL: http://www.birdlife.org (06.08.2016).

BirdLife International. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, U.K.: BirdLife Int., 2004 (BirdLife Conservation Series 12).

BirdLife International. Falco vespertinus. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22696432A40744612. 2013. URL: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T22696432A40744612.en (04.08.2016).

Carlton J. Response of Booted Eagles to human disturbance. *British Birds*. 1996. Vol. 89. P. 267–274.

Catry I., Franco A.M.A., Rocha P., Alcazar R., Reis S., Cordeiro A., Ventim R., Teodósio J., Moreira F. Foraging Habitat Quality Constrains Effectiveness of Artificial Nest-Site Provisioning in Reversing Population Declines in a Colonial Cavity Nester. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8 (3). e58320.

Clark W.S. *A Field Guide to the Raptors of Europe, the Middle East and North Africa*. N.Y.: Oxford University Press, 1999. 371 p.

Cramp S., Simmons K.E.L. *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa: The Birds of the Western Paleartic*. Vol. II. Oxford: Oxford University Press, 1980. 696 p.

Davis P.E., Newton I. Population and breeding of Red kites in Wales over a 30-year period. *Journal of Animal Ecology*. 1981. Vol. 50. P. 759–772.

Del Hoyo J., Elliott A., Sargatal J. Handbook of the Birds of the World. Vol. 2: *New World Vultures to Guineafowl*. Barcelona: Lynx Editions, 1994. 638 p.

Dowsett R.J., Aspinwall D.R., Dowsett-Lemaire F. *The birds of Zambia: an atlas and handbook*. Belgium, Liège: Tauraco Press and Aves, 2008. 606 p.

Fehérvári P., Solt S., Palatitz P., Barna K., Ágoston A., Gergely J., Nagy A., Nagy K., Harnos A. Allocating active conservation measures using species distribution models: a case study of red-footed falcon breeding site management in the Carpathian Basin. *Animal Conservation*. 2012. Vol. 15 (6). P. 648–657.

Fehérvári, P., Piross, I. S., Kotymán, L., Solt, S., Horváth, É., Palatitz, P. Species specific effect of nest-box cleaning on settlement selection decisions in an artificial colony system. *Ornis Hungarica*. 2015. Vol. 23(1). P. 66–76.

Ferguson-Lees J., Christie D.A. *Raptors of the World.* London: Christopher Helm, 2001. 992 p.

Forero M.G., Tella J.L., Donázar J.A., Hiraldo F. Can interspecific competition and nest site availability explain the decrease of lesser kestrel *Falco naumanni* populations? *Biological Conservation*. 1996. Vol. 78 (3). P. 289–293.

Forsman D. *The Raptors of Europe and the Middle East: a handbook of field identification*. London: T & AD Poyser, 1999. 589 p.

Fülöp Z., Szlivka L. Contribution to the food biology of Red-footed Falcon (*Falco vespertinus*). *Aquila*. 1988. Vol. 95. P. 174–181.

Glutz von Blotzheim U., Bauer K., Bezzel E. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 4. Wiesbaden: Aula-Verlag, 1971. 941 p.

Goriup P., Baboianu G., Chernichko J. The Danube Delta: Europe's remarkable wetland. *British Birds*. 2007. Vol. 100 (4). P. 194.

Gustin M., Mendi M., Pedrelli M. Red-footed falcon *Falco vespertinus* breeding in magpies *Pica pica* nest built on a pylon. *Acrocephalus*. 2006. Vol. 27 (128–129). P. 83–84.

Handrinos G., Akriotis T. *The birds of Greece*. London: Christopher Helm Publishers Ltd., 1997. 336 p.

Haraszthy L., Rékási J., Bagyura J. Food of the Red-footed Falcon (*Falco vespertinus*) in the breeding period. *Aquila*. 1994. Vol. 101. P. 93–110.

Harris L.D. *The fragmented forest: Island biogeography and the preservation of biotic diversity*. IL, Chicago: Univ. Chicago Press, 1984. 211 p.

Heiss M. The first breeding record of the Red-footed Falcon, *Falco vespertinus* (Linnaeus, 1766), in Azerbaijan. *Zoology in the Middle East*. 2011. Vol. 52 (1). P. 113–115.

Horváth L. A kék vércse (*Falco vespertinus* L.) és a kis őrgébics (Lanius minor Gm.) élettörténetének összehasonlító vizsgálata II. A fiókák kikelésétől az őszi vonulásig. *Vertebrata Hungarica*. 1964. Vol. 6 (1–2). P. 13–39.

Horváth L. Social Pattern and Behavior Between Two Falco Species (Aves). *Annales historico-naturales Musei nationalis Hungarici*. 1975. Vol. 67. P. 327–331.

Ille R., Hoi H., Grinschgl F., Zink R. Paternity assurance in two species of colonially breeding falcon: the kestrel *Falco tinnunculus* and the red-footed falcon *Falco vespertinus*. *Etología*. 2002. Vol. 10. P. 11–15.

Irwin M.P.S. *The birds of Zimbabwe*. Zimbabwe, Salisbury: Quest Publshing, 1981. 464 p.

Keve A., Szijj J. Distribution, biologie et alimentation du Faucon kobez *Falco vespertinus* L. en Hongrie. *Alauda*. 1957. Vol. 25. P. 1–23.

Kren J. *Birds of the Czech Republic*. London: Christopher Helm Publishers Ltd., 2000. 336 p.

Newton I. *Population Limitation in Birds*. London: Academic Press, 1998. 597 p.

Palatitz P., Fehérvári P., Solt Sz., Barov B. *European species action plan for the Red-footed Falcon Falco vespertinus*. Szarvas: BirdLife Int., 2009. 49 p.

Palatitz, P., Fehérvári, P., Solt, S., Horváth, É. Breeding population trends and pre-migration roost site survey of the Red-footed Falcon in Hungary. *Ornis Hungarica*. 2015. Vol. 23(1). P. 77–93.

Purger J.J. Accidental death of adult Red-footed Falcons *Falco vespertinus* and its effect on breeding success. *Vogelwelt*. 1997. Vol. 118. P. 325–328.

Purger J.J. Defence behaviour of Red-footed Falcons *Falco vespertinus* in the breeding period and the effects of disturbance on breeding success. *Ornis Fennica*. 2001. Vol. 78. P. 13–21.

Purger J.J. Diet of Red-footed Falcon *Falco vespertinus* nestlings from hatching to fledging. *Ornis Fennica*. 1998. Vol. 75. P. 185–191.

Purger J.J. Numbers and distribution of Red-footed Falcons (*Falco vespertinus*) breeding in Voivodina (northern Serbia): a comparison between 1990–1991 and 2000–2001. *Belgian Journal of Zool.* 2008. Vol. 138 (1). P. 3–7.

Purger J.J., Tepavčević A. Pattern analysis of Red-footed Falcon (*Falco vespertinus*) nests in the rook (*Corvus frugilegus*) colony near Torda (Voivodina, Yugoslavia), using fuzzy correspondences and entropy. *Ecological Modelling*. 1999. Vol. 117 (1). P. 91–97.

Roberts J. *Romania: a bird watching and wildlife guide*. UK, Bruton: Somerset Burton Expeditions, 2000. 308 p.

Shirihai H. *The Birds of Israel*. London: Academic Press, 1996. 692 p.

Szövényi G. Orthopteran insects as potential and preferred preys of the Red-footed Falcon (*Falco vespertinus*) in Hungary. *Ornis Hungarica*. 2015. Vol. 23(1). P. 48–57.

Végvári Z., Magnie M., Nogues J. Kék vércsék (*Falco vespertinus*) fészekválasztása és állományváltozása a vetési varjak (Corvus frugilegus) állományváltozásának tükrében 1995–1999 között a Hortobágyon. *Aquila*. 2001. Vol. 107 (108). P. 9–14.

Village A. *The Kestrel*. London: T & AD Poyser, 1990. 352 p.

Wassink A., Oreel G. *The Birds of Kazakhstan*. The Netherlands: De Cocksdrop Texel, 2007. 288 p.

АНАЛИЗ ЭРОЗИОННОГО СМЫВА КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (на примере Чувашской Республики)

В.Н. Ильин[1], Л.А. Беспалова[2], К.С. Сушко[2]

[1]Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия
[2]Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия
suvar2009@yandex.ru

Территория Чувашской Республики характеризуется значительной дифференциацией качественных и количественных показателей антропогенной нагрузки. Наибольшие сложности возникают при анализе однотипных природных комплексов (в частности типов местности) по данному показателю. Проблема заключается в сопоставлении природных, природно-антропогенных и антропогенных геосистем. Для решения данного вопроса возможно использование метода анализа эрозионного смыва с различных территорий, т.к. эрозия почв является одним из наиболее характерных негативных последствий антропогенных нагрузок. С другой стороны, эродированность территории характеризует устойчивость (или неустойчивость) природного ландшафта. Процесс эрозии развивается на тех территориях, где величина антропогенной нагрузки превышает потенциал устойчивости ландшафтов. Используя величину эрозии в виде индикатора нагрузки, можно не только получить сравнительную характеристику территориальных единиц, но и определить степень остроты экологической ситуации. В пользу использования данного метода говорит и широкое распространение в республике сельскохозяйственных угодий (56,7 % от общей площади), которые характеризуются высокой дифференциацией показателей смыва.

По определению М.Н. Заславского [1979], эрозионно-опасными называются земли, на которых сочетание природных условий создает возможность проявления эрозии при их хозяйственном использовании без осуществления необходимых противоэрозионных мероприятий. Один из подходов к определению эрозионной опасности заключается в применении «нормативов» эрозии, т.е. в снижении интенсивности смыва до определенных пределов. Эти пределы, называемые «допустимым смывом», предусматривают сохранение почвенного покрова от эрозионного разрушения за счет естественного почвообразования. Для основных типов пахотных почв Чувашии допустимой по этому критерию может считаться интенсивность эрозии в 1,5–2,5 тонны с гектара в год [Пацукевич и др., 1997].

Территория Чувашской Республики в целом отличается высоким эрозионным потенциалом всех природно-хозяйственных факторов. Расчлененный оврагами и балками рельеф с крутыми склонами обеспечивает общий высокий уровень современной эрозии почв. Климатические условия обуславливают проявление как ливневой эрозии, так и эрозии при снеготаянии. В связи с недостаточной защищенностью почвы культурной растительностью, к настоящему времени большая доля пахотных земель уже характеризуется средней и сильной степенью смытости почв. Для условий современного состояния растительного покрова и уровня пастбищных нагрузок в Чувашии интенсивность поверхностной эрозии почв не превышает темпов почвообразования. Поэтому все пастбища и сенокосные угодья могут быть отнесены к неэрозионноопасным. По этому признаку их можно разделить на земли пойменных лугов, на которых проявления поверхностной эрозии почв исключены при любых пастбищных нагрузках, и земли суходольных пастбищ на склонах балок, оврагов и речных долин. На последних при грубых нарушениях норм выпаса возможно проявление эрозии с интенсивностью больше «допустимой». Показатели смыва на землях лесного фонда

так же не превышают допустимых показателей. Поэтому для подробного изучения были выбраны именно пахотные земли – 818,9 тыс. га. Анализ пахотных земель, занимающих 44,6 % от площади республики, позволит получить весьма подробные данные.

Расчет проводился при помощи геоинформационных систем с использованием программ «MapInfo» и статистического анализа. В качестве территориальных единиц были выбраны типы местностей на соответствующей ландшафтной карте. Учитывая большое количество полученных геокомплексов, произведенная оценка позволяет дать хорошую пространственную дифференциацию показателя антропогенных нагрузок на природные комплексы.

На территории Чувашской Республики выделяется 5 типов местности: плакорный, склоновый, террасовый, пойменный и долинно-речной (рис. 1).

В площадном соотношении преобладает склоновый, который по площади практически в 2 раза больше плакорного и составляет 46,6 % территории республики, далее идет плакорный тип – 26 %, долинно-речной – 14,14 %, пойменный – 6,15 % и террасовый – 6,11 %. При анализе показателей распределения площадей пашен по типам местности определяется степень их антропогенной преобразованности (табл. 1). Можно отметить, что доля пашен склонового типа местности намного выше, чем плакорного типа (60 % и 45,7 % соответственно). Значительна доля пашен на террасовых типах местности – 24 %.

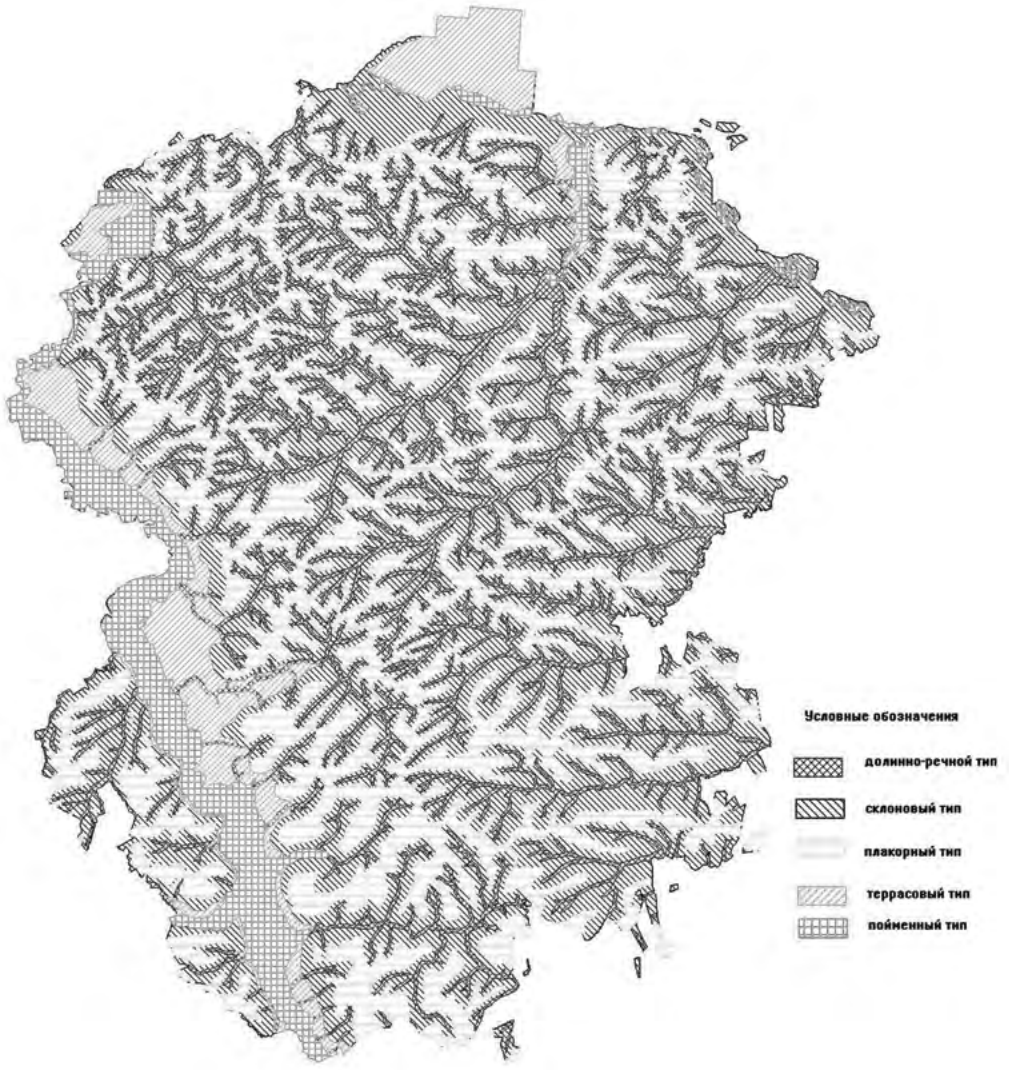


Рис. 1. Типы местности Чувашской Республики

Таблица 1. Площади пашен по типам местности Чувашской Республики

Площадь пашен	Тип местности				
	Плакорный	Склоновый	Террасовый	Пойменный	Долинно-речной
тыс. га	224,21	519,52	27,02	15,06	7,13
% от пл. типов местности	45,76	60,40	24,10	13,34	2,75

Таким образом, большая часть пашен и в абсолютном, и в относительном отношении приурочена к склоновому типу местности, что в свою очередь увеличивает опасность развития эрозионных процессов и дальнейшего увеличения степени антропогенного преобразования рассматриваемых территорий. Относительная благополучность плакорного типа местности с точки зрения антропогенного воздействия объяснима значительной долей в их составе лесных насаждений. Особо следует отметить наличие значительных площадей пашен на юго-западе республики в долине р. Сура, что негативно сказывается на состоянии существующих здесь уникальных природных комплексов.

В свою очередь, показатели смытости для различных типов местностей весьма различны (табл. 2).

Таблица 2. Показатели смытости по типам местностей Чувашской Республики [Литвин, 2002]

Смыв, т/га в год	Типы местности					
	Плакорный	Склонновый	Террасовый	Пойменный	Долинно-речной	Всего
	тыс. га	тыс. га	тыс. га	тыс. га	тыс. га	
до 1	–	0,63	92,74	98,05	71,28	262,9
1–5	518,3	1249,81	72,64	22,55	–	1863
5–15	1444,0	3444,08	64,96	14,79	–	5018
15–25	263,5	441,22	39,84	7,269	–	784,4
от 25	30,76	59,42	–	–	–	90,18

Смыв с пашен превышает естественное почвообразование на 80 % плакоров и склоновых типов местности; 50 % террасовых типов и 15 % пойменных типов. Наибольшие показатели смыва характерны для пашен плакоров и склонов северной части республики, средние значения – для плакоров и склонов юго-востока Чувашии, для пойм и террас долинно-речного типа (долины рек Аниш, Цивиль, Урюм). Наименее подвержены смыву пойменная и террасовая типы местности (долина р. Сура), где данный показатель минимален (до 1 т/га в год) (рис. 2).

Анализ показал, что сопоставление эрозионного смыва с типами местности позволяет дифференцировать природные сообщества по степени антропогенной нагрузки. Анализ рассматриваемых данных выявил, что склоновый тип местности, наиболее подверженный процессам эрозии, занимает 46,6 % территории Чувашской Республики, включая 64 % всех пашен Чувашии. Для плакорного и склонового типов местности показатели смыва превышают допустимые показатели на 80 % территорий. Наименьшие значения данного показателя характерны для пойменных и террасовых типов юго-западной части республики. Однако в абсолютном выражении они незначительны (до 500 тыс. га). Наибольшее значение смыва характерно для склоновых и плакорных типов местности северо-запада Чувашии, где площадь сильносмытых почв занимает 90 тыс. га. Близкие к средним показатели характерны для плакоров юго-восточных и центральных частей республики.

Таким образом, выделенные выше показатели могут послужить титульными при дифференциации природных комплексов территории Чувашской Республики по степени антропогенной нагрузки. Для перечисленных выше природных комплексов с критическими показателями смыва, в первую очередь для склонового типа местности, рекомендуется создание полезащитных лесополос как функционирующих элементов экологического каркаса территории, что позволит в значительной степени снизить влияние антропогенного пресса.



Рис. 2. Показатели смытости пашен Чувашской Республики

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Заславский М.Н. *Эрозия почвы*. М.: Мысль, 1979. 245 с.

Литвин Л.Ф. *География эрозии почв сельскохозяйственных земель России*. М.: Академкнига, 2002.

Пацукевич З.В., Геннадиев А.Н., Герасимова М.И. Допустимый смыв и самовосстановление почв // *Почвоведение*. 1997. № 5. С. 634–641.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОБИОНТАХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В.В. Ковалёв[1], С.Г. Парада[2]

[1] Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
kovalev-45@mail.ru; parada@ssc-ras.ru

В последнее время отмечается интенсификация геологоразведочных и нефтедобывающих работ на шельфе Каспийского моря, что, безусловно, укрепит ресурсную базу топливно-энергетического комплекса Южного макрорегиона и создаст стимул к его дальнейшему развитию. Однако в морских условиях это создаст дополнительные риски [Тимофеев и др., 2009; Матишов и др., 2011; Ковалёв, Парада, 2013]. Столкновение задач газонефтедобывающей отрасли с необходимостью сохранять и воспроизводить коммерчески ценнейшие биоресурсы может превратиться в острую национальную проблему. Предложенная ранее концепция интегрированного подхода к морскому природопользованию [Матишов и др., 2007] открывает путь к решению этой проблемы. Одним из основных элементов этой концепции является учет не только природных факторов изменения окружающей среды, но и антропогенного химического воздействия на морские экосистемы.

Известно, что тяжелые металлы обладают уникальной способностью определять направленность и ход многих биохимических и физиологических процессов в живом организме. Они накапливаются в гидробионтах, фито-зоопланктоне по пищевым цепям, чему содействует способность гидробионтов накапливать металлы до концентраций в сотни и тысячи раз превосходящие их содержание в окружающей морской среде [Патин, Морозов, 1981]. Таким образом, изучение поведения химических элементов в телах и раковинах моллюсков, являющихся одним из начальных функциональных звеньев экосистем морей аридной зоны, представляет важное значение для выяснения закономерностей и особенностей геохимии морского седиментогенеза.

По результатам специальных химических анализов определены концентрации наиболее распространенных микроэлементов в озоленных пробах мягких тканей и раковин некоторых гидробионтов Северного, Среднего Каспия и, частично, Южного Каспия.

Известно, что Каспийское море и Северный Каспий в частности, характеризуется чрезвычайно высокой продуктивностью пластинчатожаберных моллюсков, кроме того, они выступают здесь в качестве завершающего цикла биологической миграции химических элементов. Анализ опубликованных данных и полученных результатов выявил приуроченность максимальных содержаний токсичных металлов в пресноводном комплексе планктона, т.е. он является своеобразной губкой, впитывающей в себя большую часть металлов, поступающих со стоком р. Волга. По сравнению с открытой частью моря на взморье и в авандельте концентрация токсичных металлов таких как свинца, кобальта, хрома, титана, марганца и ванадия в 2–3 раза выше. По мере удаления от берега происходит снижение величин содержания, хотя такие металлы как цинк, никель аккумулируются в большей степени солоноватоводном комплексе планктона.

Нами получены результаты определения содержаний микроэлементов в тотальном фитопланктоне Каспия (табл. 1).

Как видно из таблицы, больше всего в планктоне содержится железа, на два порядка ниже содержания марганца, при этом в фитопланктоне этих элементов содержится почти на порядок выше, чем в зоопланктоне. Из микроэлементов наибольшие содержания фиксируются для титана, меньшие содержания отмечаются для никеля, ванадия, свинца.

Таблица 1. Среднее многолетнее содержание химических элементов в фито- и зоопланктоне Каспийского моря, (10^{-3} % на золу)

Элементы	Ni	Fe	Pb	V	Ti	Mn
Фитопланктон	1,5	1200	0,6	1,3	4,3	15,0
Зоопланктон	0,6	430	–	1,0	4,6	

Ванадий постоянно присутствует в организмах фитопланктона, участвуя в процессах фотосинтеза, а также является необходимым для процессов ассимиляции углекислого газа и синтеза углеводов. Общая тенденция распределения и накопления фитопланктоном весной некоторых элементов характерна и для ванадия, хотя содержание элемента в фитопланктоне дельтовой и авандельтовой части р. Урал несколько ниже. Далее в сторону открытой части моря происходит резкое уменьшение содержание ванадия в фитопланктоне до значений 3×10^{-3} % на золу, значительную часть акватории занимают именно эти области, причем к границе Среднего Каспия происходит снижение концентраций до $1{,}2–1{,}4 \times 10^{-3}$ % на золу.

Олово относится к группе элементов, которые постоянно содержатся в организмах растений и животных, причем могут концентрироваться в значительных количествах отдельными видами водорослей планктона, хотя физиологическая роль его соединений еще мало изучена. Разброс средних значений концентрации олова в тотальном фитопланктон по сезонам невелик и составляет весной $4{,}1 \times 10^{-3}$ %, а летом $4{,}7 \times 10^{-3}$ % на золу. Пространственно ареал минимальных значений менее 2×10^{-3} % на золу приурочен к мелководной части Северного Каспия, а область повышенных концентраций протягивается довольно широкой полосой от о. Тюлений на западе, доходит до о. Кулалы, а затем поворачивается на северо-восток и занимает осевую часть Уральской бороздины. Летом наблюдается следующая картина распределения олова: максимум $5–10 \times 10^{-3}$ % на золу приурочен к западной части акватории Северного Каспия, а минимальные содержания отмечаются в юго-восточной части, в районе полуострова Мангышлак, о. Кулалы и Уральской бороздины.

Таким образом, рассмотрев распределение ряда микроэлементов в тотальном фитопланктоне Северного Каспия, можно отметить следующую закономерность, – для никеля, ванадия, титана, являющихся необходимыми в процессах фотосинтеза, максимум концентраций приходится на весенний период, летом же в больших количествах концентрируются марганец, молибден, железо, что, по данным [Бабаев, 1968], связано с их участием в процессах дыхания и обмена азота.

Кроме этого, отмечается следующая тенденция: весной участки с экстремальными содержаниями элементов (кроме железа и олова) пространственно тяготеют к устьевым зонам рек Волга и Урал, летом они смещаются в сторону открытого моря, причем средние содержания никеля и ванадия весной более чем в 2 раза превышают содержание этих элементов летом. И, таким образом, при рассмотрении вопроса о концентрировании элементов фитопланктонными организмами следует отметить, что основными факторами, обусловливающими изменчивость содержания микроэлементов в них, являются видовая вариабильность способности к накоплению металлов и антропогенное нарушение химического состава морской среды в результате ее загрязнения.

Определены также содержания микроэлементов в створках моллюсков Северного Каспия (табл. 2). Моллюски являются в настоящее время одними из наиболее распространенных и обширных типов беспозвоночных. Наиболее представительными классами в Каспийском море являются Gastropoda (78 видов) – брюхоногие, Bivalvia (24 вида) – двустворчатые. Они встречаются в любой части акватории Каспия, населяя практически все глубины. Но особенно изобилует двустворчатыми моллюсками (*Didacna, Abra ovata, Mytilaster*) прибрежная зона моря. Бентосные организмы играют большую роль в жизни моря и процессах осадкообразования [Ковалёв, 1980]. Являясь в большинстве своем фильтраторами воды, моллюски совершают огромную работу. При продолжительности суточной фильтрации 20 часов и при минимальной ее скорости, моллюски могут профильтровать от 0,21 до 0,96 км^3 или 0,05–0,24 % объема вод Северного Каспия, а за весь вегетационный период, при активной фильтрации, до четырех

Таблица 2. Концентрация микроэлементов в створках моллюсков Северного Каспия, %

Элемент	Количество проб	Пределы колебаний	Среднее
Железо	15	0,2–3	1,2
Марганец	14	$0{,}2–6 \times 10^{-2}$	$3{,}9 \times 10^{-2}$
Титан	15	$0{,}2–2 \times 10^{-2}$	$0{,}9 \times 10^{-2}$
Медь	16	$0{,}3–8 \times 10^{-3}$	$5{,}5 \times 10^{-3}$
Свинец	10	$1{,}0–20 \times 10^{-4}$	$5{,}0 \times 10^{-4}$
Никель	5	–	–
Ванадий	13	$0{,}1–1 \times 10^{-3}$	$0{,}3 \times 10^{-3}$

объемов, концентрируя огромные количества микроэлементов. Поэтому изучение поведения химических элементов в телах и раковинах моллюсков, являющихся одним из начальных функциональных звеньев экосистем морей аридной зоны, представляется важным для выяснения закономерностей и особенностей геохимии морского седиментогенеза.

Широкий диапазон концентраций металла в моллюсках затрудняет выявление особенностей формирования их микроэлементного состава. Непостоянство содержания микроэлементов в бентосе обусловлено прежде всего изменчивостью концентраций этих элементов в морской воде, хотя содержания большинства микроэлементов в воде всё же значительно меньше, чем в моллюсках. Некоторые авторы отмечают сезонную изменчивость содержания металлов в двустворчатых моллюсках, связывая ее с сезонными изменениями условий их питания. Установлено также существенное различие в интенсивности аккумуляции микроэлементов моллюсками одних и тех же видов, но разных возрастных групп. Следует отметить, что распределение элементов по органам и тканям моллюсков, как и других гидробионтов весьма неравномерно, что связано с особенностями поступления микроэлементов в организм, их циркуляции и выведения.

Можно выделить некоторую закономерность в концентрировании элементов, это увеличение содержаний в ряду от мышечной ткани – жабры, внутренние органы – створки. Особенно четко это прослеживается для железа, свинца, никеля, что отражает их способность соосаждаться с карбонатным материалом и необратимо фиксироваться в створках по мере их формирования. Медь, которая находится в морской воде преимущественно в ионной форме, в створках содержится меньше, чем в мягких тканях.

Таким образом, концентрации тяжелых металлов в гидробионтах, фито- и зоопланктоне достаточно высокие, однако с уверенностью говорить о загрязнении не представляется возможным по двум причинам: во-первых, содержания определялись на золу, а не на сырой вес; во-вторых для гидробионтов и фито- и зоопланктона не определены предельно допустимые концентрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаев Г.В. Состав и распределение фитопланктона в Среднем и Южном Каспии // *Биология Среднего и Южного Каспия*. М.: Наука, 1968. С. 50–88.

Ковалёв В.В. *Роль биогенного фактора в накоплении новокаспийских осадков Северного Каспия* // Тез. докл. РГУ. Ростов н/Д., 1980.

Ковалёв В.В., Парада С.Г. Геологические аспекты современных изменений уровня Каспийского моря // *Вестник Южного научного центра*. 2013. Т. 9. № 2. С. 38–46.

Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Интегрированное управление природопользованием в шельфовых морях // *Известия РАН*. Сер. географическая. 2007. № 1. С. 27–40.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Ковалева Г.В., Викрищук А.В. Риски реализации проектов геологоразведки и нефтедобычи в условиях сероводородной зоны Черного моря // *Вестник Южного научного центра*. Т. 7. № 1. 2011. С. 59–63.

Патин С.А., Морозов Н.П. *Микроэлементы в морских организмах и экосистемах*. М., Изд-во «Легкая и пищевая промышленность», 1981. 152 с.

Тимофеев В.А., Тимофеев А.А., Парада С.Г. Теоретические предпосылки промышленной нефтегазоносности палеозойских комплексов Предкавказья // *Вестник Южного научного центра*. 2009. Т. 5. № 4. С. 50–61.

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА-ВСЕЛЕНЦА *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

Г.А. Колючкина[1], М.В. Чикина[1], С.В. Бирюкова[2], Н.И. Булышева[3], Е.П. Коваленко[3], Т.Д. Прохорова[1], В.В. Козловский[1]

[1] Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
[2]Азовский филиал Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия,
[3]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

В конце 1990-х – начале 2000-х гг. на северо-восточном побережье Чёрного моря в результате антропогенной эвтрофикации и бентопланктонных взаимодействий с участием видов-вселенцев наблюдались значительные колебания численности и биомассы донных организмов [Кучерук и др., 2002], изменения в структуре доминирования, а также появление и исчезновение сообщества двустворчатого моллюска-вселенца *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) [Чикина, 2009; Chikina et al., 2014]. Впервые этот вид был отмечен в Чёрном море в 1968 г. [Киселева, 1992], его роль в донных сообществах возросла в 1980-е гг. [Кучерук и др., 2002], а к 2000-м гг. его запасы достигли промысловых размеров [Милютин, Вилкова, 2006]. Однако во второй половине 2000-х гг. промысловые скопления стали беднеть [Милютин, Вилкова, 2006; Колючкина, Милютин, 2013], а результаты дночерпательных съемок показали снижение роли этого вида в сообществах [Chikina et al., 2014].

Является ли анадара исчезающим видом или в настоящее время наблюдается стабилизация ее популяции после взрывного роста 2000-х гг.? Для ответа на этот вопрос было проведено исследование обилия и размерной структуры современной популяции анадары и ретроспективный анализ этих параметров на северо-восточном побережье Чёрного моря.

В 2012 г. в ходе совместного рейса ЮНЦ РАН и ИО РАН на НИС «Денеб» была выполнена подробная современная съемка донных экосистем Российского сектора Чёрного моря [Матишов и др., 2013]. В настоящей работе использованы данные по состоянию популяции анадары, встреченной в дночерпательных пробах (дночерпатель ванн Вина с площадью захвата 0,1 м, 1–3 повторности на станцию) на глубинах 10–80 м от г. Адлер до м. Панагия в 13 районах.

Для оценки динамики обилия вида (численность на 1 м^2) и его современного распространения на побережье были привлечены архивные данные ИО РАН по численности анадар в 2001 г. на семи разрезах (от Бугазской косы до Адлера) и в 2002–2005, 2007 гг. – на двух разрезах (напротив Бугазской косы и бух. Инал), а также обработаны собранные в 2006, 2009–2011 гг. на разрезе в бух. Инал дночерпательные пробы. Для оценки динамики размерной структуры были привлечены архивные данные дночерпательных съемок 2001–2002 гг., а также проведены измерения раковин в дночерпательных пробах 2006–2011 гг.

Промеры раковины проводили с использованием штангенциркуля, мелких анадар из дночерпательных проб измеряли с использованием окуляр-микрометра.

В 2001 г. вид *Anadara kagoshimensis* был обнаружен на всех 10 обследованных разрезах на глубинах 10–35 м (большие глубины исследованы не были) (рис. 1.).

Численность анадар в 2001 г. колебалась от 5 до 4000 экз./м^2 (см. рис. 1) при биомассе 0,006–1177 г/м^2. Наибольшее обилие вида было отмечено на станциях южнее пос. Дюрсо. В последующие годы численность и биомасса этого вида претерпевали колебания, общей тенденции к снижению обилия вида отмечено не было (рис. 2).

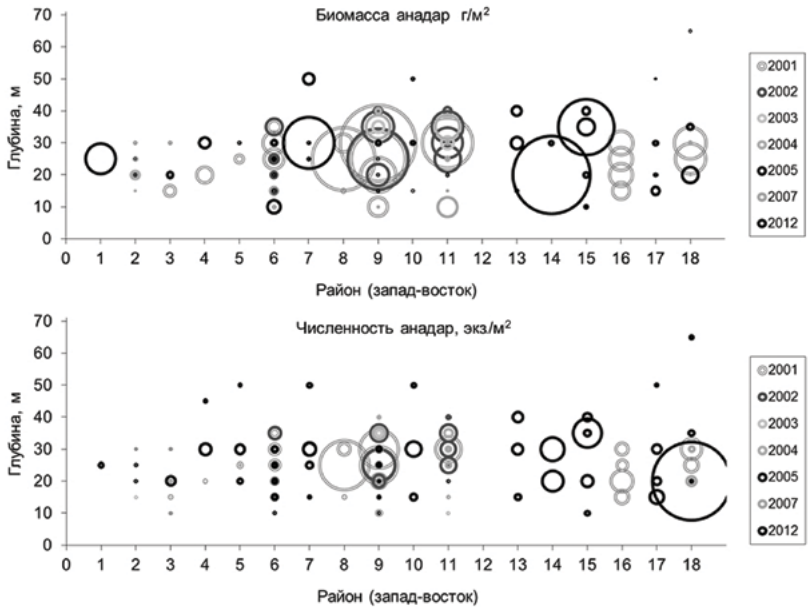


Рис. 1. Сравнительная численность и биомасса *Anadara kagoshimensis* на северо-восточном побережье Чёрного моря в 2001–2012 гг. *Примечания*: районы: 1 – Железный рог; 2 – Бугаз; 3 –Благовещенская; 4 – Анапа; 5 – Дюрсо; 6 – Дивноморское; 7 – Джанхот; 8 – Джубга; 9 – Архипо-Осиповка; 10– Инал; 11 – Туапсе; 12 – Шепси; 13 – Макопсе; 14 – Уч-Дере; 15 – Головинка; 16 – Лазаревская; 17 – Хоста; 18 – Адлер.

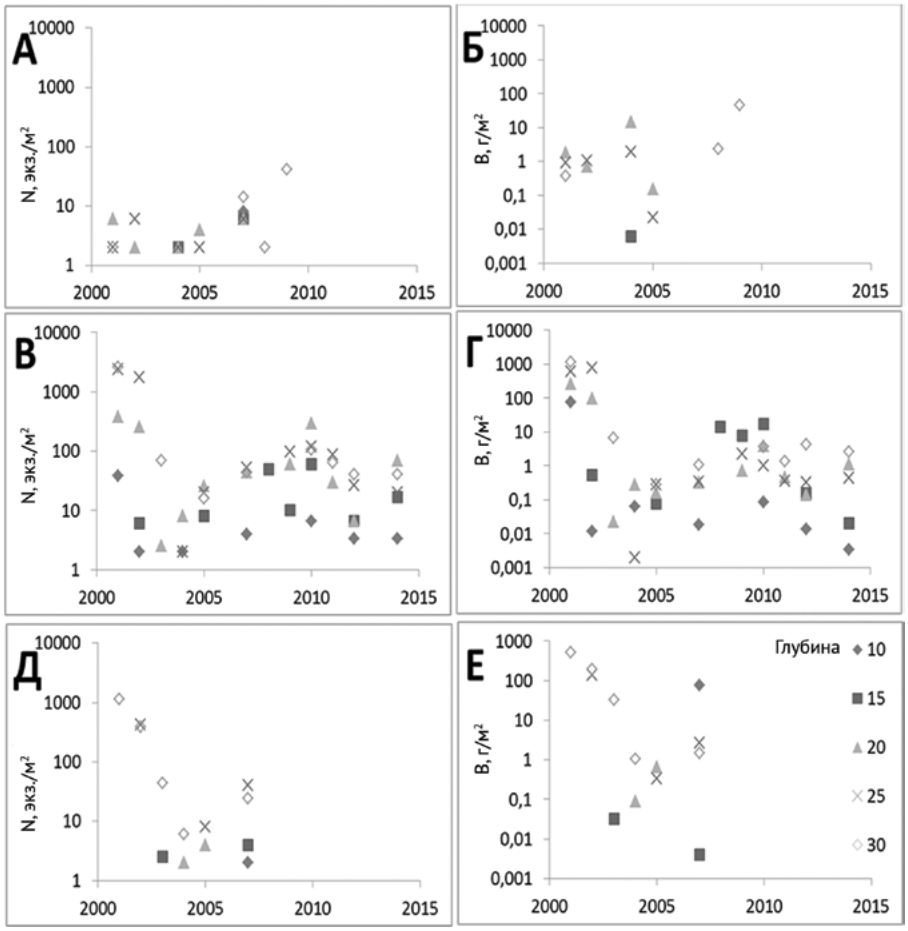


Рис. 2. Распределение численности (А, В, Д) и биомассы (Б, Г, Е) анадар по глубинам в разные годы на разрезах Бугаз (А, Б), Инал (В, Г) и Шепси (Д, Е).

Как и в 2001 г., в 2012 г. вид был отмечен во всех исследованных районах на глубинах 10–50 м (см. рис. 1). Максимум обилия был отмечен на глубинах его прежнего обнаружения – 15–35 м. Численность анадар в 2012 г. составляла от 3 до 10000 экз./м^2 при биомассе от 0,001 до 1236 г/м^2.

Если обилие анадар, по данным настоящего исследования, оставалась сравнительно стабильным, то средний размер моллюсков значительно снизился в 2012 г. по сравнению с 2001 г. Так, в 2001 г. средняя длина раковины колебалась в пределах 11–14 мм, в 2012 г. – 83 % моллюсков попадали в размерную группу 0–5 мм (рис. 3А), хотя в популяции были встречены и крупные особи (до 47 мм). При детальном анализе данных по разрезу в районе бух. Инал также было выявлено снижение размеров раковин анадар (рис. 3Б).

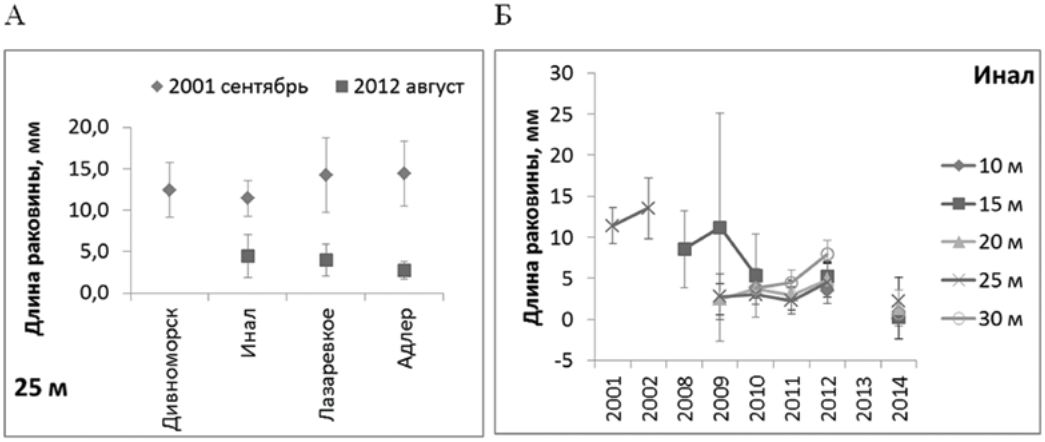


Рис. 3. Длина раковины *Anadara kagoshimensis* для отдельных станций для глубины 25 м (А) и для разных глубин в б. Инал в 2001–2014 гг. (Б)

Присутствие в популяции преимущественно мелкоразмерных особей указывает на растущую структуру популяции [Милютин, Вилкова, 2006]. Однако в большинстве районов побережья по дночерпательным данным практически не отмечается крупных особей анадары при сравнительно невысокой численности и биомассе этих моллюсков в пробах. Возникает вопрос об источнике пополнения популяции в современных условиях. Если при высокой плотности популяции, как например в 2001 г. [Чикина и др., 2003], отмечается снижение размеров половозрелых особей, то при настоящих плотностях предпосылки для такого явления отсутствуют. По всей видимости, пополнение популяции происходит за счет крупных особей, отличающихся в исследуемых районах низкой численностью и не попадающих в дночерпатель. Проведенные авторами статьи и опубликованные ранее результаты водолазных учетов анадар в исследованнных районах [Колючкина и др., 2015] подтверждают эту гипотезу. Количественные водолазные сборы показали, что наряду с мелкоразмерными особями, в популяции анадар на северо-восточном побережье Чёрного моря присутствуют крупноразмерные особи, длина раковины которых составляет 30–60 мм и соотношение полов – 1:1 [Колючкина и др., 2015], они могли быть источником возобновления популяции. Их численность составляла 5–52 экз./100 м^2, и такая низкая плотность практически исключает попадание этой размерной группы в дночерпатель.

Таким образом, состояние популяции анадары можно охарактеризовать как стабильное с присутствием пула половозрелых крупных моллюсков и ежегодным пополнением популяции новыми особями.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ № 15-04-01870 (Колючкина Г.А., Чикина М.В.) и программы ОНЗ РАН «Природно-ресурсный и природно-экологический потенциал морского природопользования как одно из условия диверсификации экономики регионов Юга России» № гос. рег. ЦИТИС:-А16-116011910022-6 (Булышева Н.И., Бирюкова С.В., Коваленко Е.П.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Киселева М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // *Многолетние изменения бентоса Чёрного моря*. Киев: Наукова думка, 1992. С. 84–99.

Колючкина Г.А., Милютин Д.М. Использование морфо-функционального анализа *Anadara* sp. cf. *Anadara inaequivalvis* (Bivalvia) в экологическом мониторинге // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 2. С. 192–199.

Колючкина Г.А., Симакова У.В., Прохорова Т.Д. Популяционная структура двустворчатого моллюска-вселенца *Anadara kagoshimensis* на Северо-Кавказском побережье Чёрного моря // Морские исследования и образование (MARESEDU): тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, Ломоносовский корпус МГУ, 19–24 окт. 2015 г.). М.: Феория, 2015. С. 157–161.

Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. Макрозообентос рыхлых грунтов северокавказского побережья Чёрного моря: многолетняя динамика сообществ // *Комплексные исследования северо-восточной части Чёрного моря*. М.: Наука, 2002. С. 289–297.

Матишов Г.Г., Набоженко М.В. и др. Комплексные исследования в Чёрном и Азовском морях летом 2012 г. // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 3. С. 418–420.

Милютин Д.М., Вилкова О.Ю. Черноморские моллюски-вселенцы рапана и анадара: состояние популяций и динамика запасов // *Рыбное хозяйство*. 2006. Т. 4. С. 50–53.

Чикина М.В. *Макрозообентос рыхлых грунтов Северо-Кавказского побережья Чёрного моря: пространственная структура и многолетняя динамика*: автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: ИО РАН, 2009. 25 с.

Чикина М.В., Колючкина Г.А., Кучерук Н.В. Аспекты биологии размножения *Scapharca inaequivalvis* (Bruguière) (Bivalvia; Arcidae) в Чёрном море // *Конференция молодых ученых «Понт Эвксинский III»*: тез. докл. (г. Севастополь, 27–30 мая 2003 г.). Севастополь, 2003. С. 20–21.

Chikina M.V., Kolyuchkina G.A., Prohorova T.D. The Role of the Invasive Bivalve *Anadara kagoshimensis* in Contemporary State of the Northeastern Black Sea Coastal Biocenosis. *Abstracts Volume from 49th European Marine Biology Symposium* (St. Petersburg, Russia, Sept. 8–12, 2014,). 2014. P. 66–67.

РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧЕРНОМОРСКИХ ВИДОВ ТИНТИННИД В БАССЕЙНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

К.В. Кренёва

Институт аридных зон Южного научного центра РАН
г. Ростов-на-Дону, Россия; kreneva@ssc-ras.ru

В результате антропогенной деятельности человека и изменений температурного и солевого режима, водоемы бассейна Азовского моря стали более уязвимы для вселения морских, теплолюбивых видов организмов. Так, включая *Eutintinnus lusundae* Entz, 1885, обнаруженный нами на акватории Азовского моря в 2002 г., за последние 15 лет здесь натурализовалось три вида раковинных инфузорий тинтиннид. Одновременно, вследствие изменения условий среды, происходит расширение ареала черноморских видов по бассейну Азовского моря путем естественного вектора инвазии.

В 2014–2015 гг., было отмечено продолжение расширения ареала черноморского вида *Strombidium cornucopiae* (Wailes, 1929) по акватории кубанских лиманов.

Strombidium cornucopiae характерен для акватории Чёрного моря, является «обычным» для Керченского пролива. Одиночные экземпляры этого вида иногда отмечаются в открытой части Азовского моря, прилегающей к Керченскому проливу. В лиманах ранее не встречался. В 2014 г. был нами обнаружен в «открытых» лиманах – Курчанском и Бейсугском. Одиночные экземпляры были отмечены в Ахтанизовском лимане.

В Курчанском лимане на момент исследования он являлся субдоминантным видом на большинстве станций, что, вероятно, указывает на начальную стадию колонизации. Плотность вида в обоих лиманах достигала 4,3 млн экз./м^3.

Во время исследований 2015 г. впервые был обнаружен в «закрытом» лимане Кирпилли.

Кирпильский лиман – водоём в составе Кирпильской группы Ахтарско-Гривенской системы кубанских лиманов. В некоторых источниках делится на две части: южную (Большой Кирпильский лиман) и северную (Малый Кирпильский лиман).

Площадь акватории составляет 61 км^2, максимальная глубина – 1,8 м. Прибрежная полоса густо покрыта влаголюбивой растительностью. Водоснабжение лимана осуществляется через Джерелиевский главный коллектор и Гривенский опреснительный канал. Кирпильский лиман – одно из рыбопромысловых угодий Ахтарско-Гривенской системы.

Исследования сообщества инфузорий Кирпильского лимана проводятся нами с 2013 г.

В 2015 г. в Кирпильском лимане был отмечен 21 вид инфузорий. Структура сообщества на протяжении всего периода исследования достаточно стабильна. Два вида, *Tintinnopsis lobiancoi* Daday,1886 и *L. oviformis*, попеременно выступают в роли доминантного и субдоминантного вида. Также, на всей акватории лимана встречаются мелкий *Strombidium* sp. и *Tintinnopsis minuta* Wailes,1925. На участке акватории, наиболее удалённой от моря, в составе сообщества наблюдается увеличение доли хищников, за счет появления таких видов, как *Didinium gargantua* Meunier 1910 и *Dileptus sp*. Список видов лимана пополнился за счет представителей pp. Prorodon, Holophrya, *Burselopsis*.

Колебание количественных характеристик цилиатоценоза находилось в пределах диапазона значений предыдущих лет, занимая промежуточное положение (табл. 1).

На момент исследования плотность *Str. cornucopiae* в Кирпильском лимане достигала 1,9 млн экз./м^3, что сравнимо с максимальной плотностью субдоминантных видов *T. lobiancoi* (до 2,1 млн экз./м^3) и *L. oviformis* (до 1,7 млн экз./м^3). Однако такой уровень развития этого вида был отмечен лишь на одной станции в Малом Кирпилли. На остальной части акватории его плотность была значительно ниже, в среднем составляя 0,6 млн экз./м^3.

Таблица 1. Динамика количественных характеристик сообщества инфузорий в Кирпильском лимане 2013–2015 гг.

	2013	2014	2015
Плотность инфузорий, млн экз./м^3	0,6–20,4 / 9,7	2.9–10,9 / 7,6	0,7– 6,64 / 7,9
Биомасса инфузорий, мг/м^3	44–670 / 30	48–206 / 140	54–432 / 88
Кол-во видов инфузорий среднее (общее число видов)	7 (11)	7 (13)	6 (21)

Также этот вид повторно был обнаружен в Бейсугском лимане.

Бейсугский лиман – открытый лиман, отделен от моря Ясенской косой. Длина около 30 км, ширина около 12 км. Максимальная глубина 1,7 м.

В лиман впадают две реки: Бейсуг и Челбас (Челбасское Гирло). На реке Бейсуг перед впадением в Бейсугский лиман создано Бейсугское водохранилище (нерестово-выростное хозяйство). Сам лиман представляет собою речной эстуарий, сообщающийся с морем Ясенским Гирлом, в связи с чем вода в лимане менее соленая, нежели в Азовском море.

В Бейсугском лимане было обнаружено 16 видов инфузорий (2015 г.). Распределение видов по акватории было довольно равномерно (5–6 видов на станции), но характеризовалось неоднородностью и сменой доминантов от станции к станции. В целом, доминировали мелкие и средние олиготрихиды и *T. karajacensis*.

Распределение количественных характеристик цилиатоценоза было не равномерно, характеризовалось резкими, в 4–7 раз, перепадами.

Плотность цилиатоценоза колебалась от 3,7 до 46 млн экз./м^3, в среднем – 1,9 млн экз./ м^3. Биомасса, от 93 до 826 мг/м^3, в среднем – 404 мг/м^3.

Здесь плотность *Strombidium cornucopiae* была значительно ниже и не превышала 0,2 млн экз./м^3. В 2014 г. плотность этого вида была значительно выше и достигала 4,3 млн экз./м^3.

Eutintinnus lususundae часто встречается в Средиземном море и тропических водах Тихого, Атлантического и Индийского океанов. В Чёрном море этот вид впервые был обнаружен Н.А. Гавриловой в Севастопольской бухте в июле-августе 2001 г. [Гаврилова, 2001]. В июне 2002 г., мы зарегистрировали этот вид на акватории Азовского моря, где он успешно натурализовался [Кренёва, 2003]. При предыдущих исследованиях, в лиманах обнаружен не был. В августе 2014 г. мы зарегистрировали его распространение на всей акватории Бейсугского лимана, за исключением кутовой части. От мористой части к кутовой наблюдалось снижение количественных характеристик этого вида, с 2,1 до 0,3 млн экз./м^3 соответственно (рис. 1).

Для определения уязвимости (устойчивости) исследуемых водных экосистем, были проведены работы по оценке экологического состояния лиманов с помощью индекса эвтрофирования ИНЭК [Кренёва и др., 2002а; 2002б].

По результатам анализа, можно сказать, что исследуемые кубанские лиманы находятся на разных стадиях загрязнения (табл. 1).

Необходимо отметить, что состояние всех исследуемых лиманов характеризуется повышенной трофностью и высоким уровнем разнородности распределения качественных и количественных характеристик микропланктона. Повышение трофности ведет к повышеннию уязвимости водоема к внешним воздействиям. Легкость внедрения чужеродных видов в экосистемы этих лиманов, по всей вероятности, объясняется высокой уязвимостью этих водоёмов.

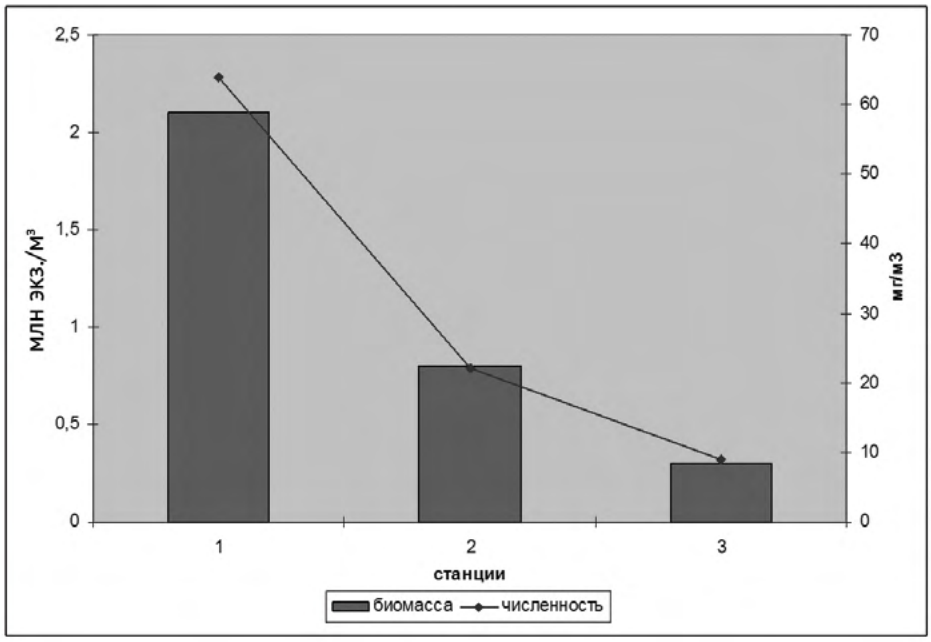


Рис. 1. Изменение количественных показателей *Eutintinnus lususundae* в Бейсугском лимане по разрезу от мористой части (1) к кутовой (3)

Таблица 2. Динамика значений ИНЭК в исследуемых лиманах в 2013–2014 гг.

Лиманы	ИНЭК мин. – макс. / среднее 2013 г.	ИНЭК мин. – макс. / среднее 2014 г.	Уровень трофности
Кирпили	7–25/15	1–45 / 20	от «мезоэвтрофные» до «грязные, эвтрофные»
Бейсугский	3–6600/1960	3700–46000 / 19000	от «грязные, эвтрофные» до «очень грязные, полисапробные»
Ахтанизовский		3–5 / 4	«мезоэвтрофные, слабо загрязнённые»
Курчанский		48–80 / 64	«грязные, эвтрофные»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гаврилова Н.А. Eutintinnus (Ciliophora, Oligotrichida, Tintinnina, Tintinnidae) – новый для фауны Чёрного моря род раковинных инфузорий // *Экология моря*. 2001. Вып. 58. С. 29–31.

Кренёва К.В. Eutintinnus lususundae (Entz, 1885) – вид раковинных инфузорий, новый для фауны Азовского моря // *Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны*: тез. докл. Междунар. конф. (г. Азов, 15–18 июня 2003 г.). Ростов н/Д, 2003. С. 20–21.

Кренёва С.В., Седякин В.П., Кренёва К.В. Информационный индекс эвтрофирования // *Проблемы прикладной экологии*. Т. 1. М., 2002а. С. 77–83.

Кренёва С.В., Седякин В.П., Кренёва К.В. Шкала оценок состояния экосистем // *Проблемы прикладной экологии*. Т. 1. М., 2002б. С. 140–145.

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОПУЛЯЦИИ КАМЕННОЙ КРЕВЕТКИ *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) ОЗЕРА ЧУРБАШСКОЕ

А.В. Кулиш, Д.М. Левинцова

Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия
kulish1972@mail.ua

Озеро Чурбашское расположено в восточной части Керченского полуострова в окрестностях г. Керчь у с. Приозерное (Ленинский р-н, Респ. Крым) и относится к Керченской группе соленых озер [Ресурсы … 1966]. Площадь водной поверхности водоема изменяется в зависимости от сезонных и годовых особенностей поверхностного стока с водосборной площади и составляет в среднем около 1,0 км^2. Ранее на месте озера был расположен лиман (залив), сообщавшийся с Керченским проливом. Но во второй пол. XX в. он был отсечен системой дамб при сооружении двух отстойников – шламонакопителей (хвостохранилищ) ныне разрушенного Керченского железорудного комбината. Таким образом, выше искусственных водоемов, заполненных отходами обогащения железной руды, образовалось озеро. При этом фауна водоема существенно трансформировалась как под воздействием хозяйственной деятельности человека, так и при неизбежном естественном его опреснении. Водоем подвергся эвтрофикации, его значительная часть мелководий была занята гидрофитами: тростником обыкновенным и рдестом нитевидным. Большинство морских видов исчезло, а немногие, имея широкие адаптивные возможности, приспособились к обитанию в опресненной воде водоема, например креветка каменная – *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) [Кулиш, Левинцова, 2016]. Данный вид креветок широко распространен в Средиземноморском бассейне и известен высокой эвригалинностью [Определитель фауны … 1969]. Однако данные об обитании данного вида в изолированных солоноватоводных (опресненных) водоемах отсутствуют.

Отсутствие полных данных о фауне и флоре озера в научной литературе создает «белое пятно» в изученности указанной территории. Помимо этого, повышенный интерес к данной популяции креветки объясняется и еще тем, что она отрезана от исходного основного местообитания на протяжении как минимум 50 лет, то есть присутствуют признаки её географической изоляции.

Приведенные далее данные базируются на полевых исследованиях фауны озера Чурбашское, проведенных нами в июле 2015 г., в периоде максимального развития креветки на протяжении года. Отбор проб проводился по сетке четырех станций, расположенных по правому, свободному от жесткой надводной растительности, берегу озера. Отлов креветки осуществлялся гидробиологическим сачком размером 65 × 40 см и ячеей 1 мм. Всего было отобрано и учтено 11 783 особи, при этом часть креветок использовалась для морфометрии (n = 1086) и частичного биологического анализа (n = 685).

Показатели общей длины тела (*tL* – от начала рострума до конца тельсона) и веса каменных креветок (m) в озере варьировали в значительных пределах (рис. 1), что свидетельствует о сложной возрастной структуре популяции.

Общая длина креветок в выборке варьировала от 1,4 до 4,3 см, при среднем значении, равном (2,26 ± 0,48) см. Индивидуальная масса креветок составляла от 0,04 до 0,46 г., при среднем значении 0,11 ± 0,06 г. При этом модальная группа креветок имела общую длину 1,6–2,9 см, при весе 0,04–0,14 г. Что несколько меньше, чем представлено в литературных данных [Определитель фауны … 1969; Лисицкая, 2012] и в наших наблюдениях для этого вида из Чёрного моря.

Соотношение самок и самцов как в целом по всей выборке, так и по отдельным станциям было близко к паритетному (рис. 2).

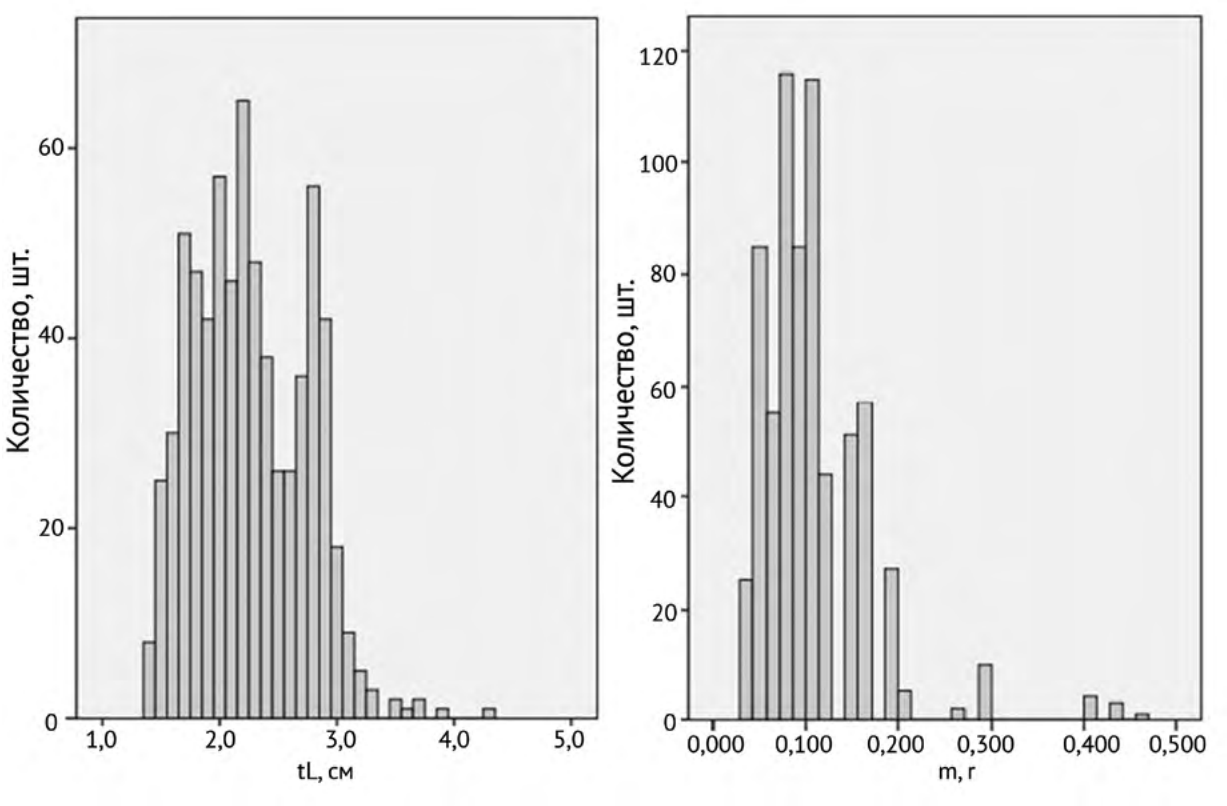


Рис. 1. Размерно-весовой состав каменной креветки (*n* = 1086 экз.)

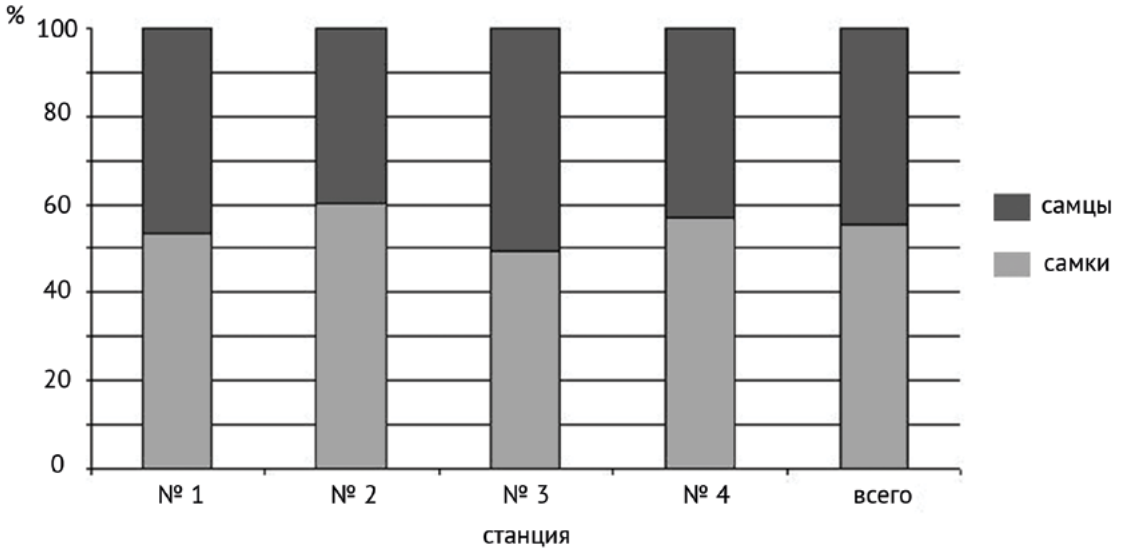


Рис. 2. Соотношение креветок по полу (*n* = 685 экз.)

В целом, доля самцов незначительно ниже (44,6 %), по сравнению с самками (55,4 %), что свидетельствует об относительном благополучии популяции. При этом, сравнивая общую длину (tL) самок и самцов, установлено, что большая вариация значений свойственна самкам (рис. 3). Но при этом, доля особей – самок, имеющих наименьшие и наибольшие длины, выше, по сравнению с самцами. Это обусловлено тем, что, дифференциация по полу у креветок рода Palaemon Weber, 1795, определяемая наличием у самцов на второй паре переопод – Appendix masculina происходит достаточно поздно и наименьшая по размеру группа представлена

в значительной мере ювинильными особями. Факт доминирования в наибольшей по размеру группе самок свидетельствует о большей их продолжительности жизни, либо более высоких темпах роста по сравнению с самцами, что менее вероятно.

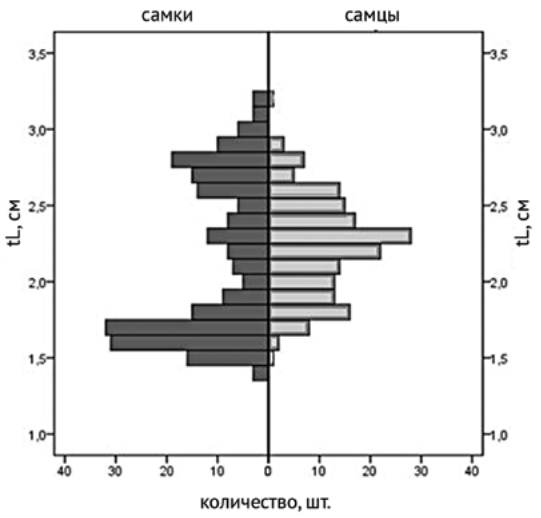


Рис. 3. Распределение общей длины креветок по полу (n = 685 экз.)

При индивидуальном взвешивании креветок установлено, что самки, имея одинаковую длину с самцами, весят больше, что связанно прежде всего с морфологией брюшного отдела тела.

В отобранной выборке доля самок с развивающейся икрой была невысока (всего 7,7 %), что, по-видимому, связано с особенностями сроков завершения периода воспроизводства креветок в данном озере. При учете количества икринок на плеоподах самок установлена абсолютная реализованная плодовитость варьировавшая в пределах от 53 до 220 икринок, при среднем значении 150,3 ± 10,4. Данный показатель в несколько раз меньше по сравнению с каменной креветкой из Чёрного моря.

В связи с невозможностью определения возраста креветок, мы условно разделили весь материал на три размерные группы (крупные, средние и мелкие). В целом особи средней группы были наиболее многочисленны, наименее малочисленны крупные (рис. 4). При сравнении распределения долей особей разных групп по станциям установлено, что мелкие особи преимущественно придерживаются зарослей макрофитов, как гидрофитов, так и гидатофитов, а средняя и крупная – преимущественно гидатофитов. Свободные от растительности участки озера креветками используются незначительно.

Рассчитанная плотность каменной креветки в период наблюдений составляла от 110 до 807 экз./м^2, при биомассе от 9,6 до 72,5 г/м^2 соответственно (табл. 1).

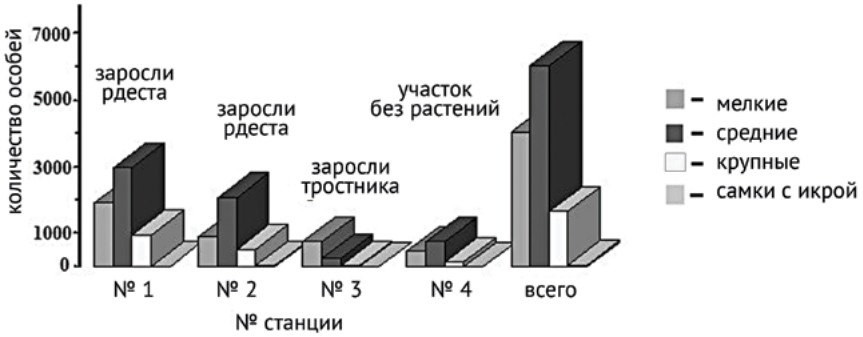


Рис. 4. Распределение размерных групп креветки по станциям (n = 11783)

Наибольшие значения плотности креветки установлены на станциях – участках занятых мягкой погруженной растительностью.

Каменная креветка в озере Чурбашское, обладая высокой численностью и биомассой, является важным компонентом трофических цепей. Об указанном свидетельствуют отмеченные факты употребления в пищу этим видом птиц (чомги *Podiceps cristatus* (L.) и пеганки *Tadorna tadorrna* (L.)), а также рыб (карася серебряного *Carassius auratus gibelio*), – представителей фауны данного озера (наши данные).

Полученные данные позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Популяция *P. elegans* в озере Чурбашское, несмотря на свою изолированность и нестабильные условия обитания, находится в благополучном состоянии, о чем свидетельствуют результаты проведенных исследований.

2. Каменная креветка в озере имеет некоторые отличия от таковой в Чёрном море: меньший размер и вес; особенности репродукции (индивидуальная реализованная плодовитость, сроки созревания), – что, по-видимому, является результатом её адаптации в новых условиях.

Таблица 1. Плотность каменной креветки в озере Чурбашское по станциям

Условная размерная группа	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	г/м²	**экз./м²**	**г/м²**	**экз./м²**	**г/м²**	**экз./м²**	**г/м²**	**экз./м²**
Крупные	15,47	131	13,24	77	0,68	4	2,74	19
Средние	37,64	409	31,28	309	2,64	25	9,33	96
Мелкие	18,52	264	8,04	134	6,13	80	3,34	58
Самки с икрой	0,88	3	0,95	4	0,14	1	–	–
Всего	**72,51**	**807**	**53,51**	**524**	**9,59**	110	15,41	173

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кулиш А.В., Левинцова Д.М. О фауне озера Чурбашское // *Заповедники Крыма – 2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление*: тез. VIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 28–30 апр. 2016 г.). Симферополь, 2016. С. 316–317.

Лисицкая Л.А. Морфометрическая характеристика креветок *Palaemon adspersus* и *Palaemon elegans* (Palaemonidae) из Черноморских вод Юго-Западного Крыма (м. Кая-Баш и Балаклавская бухта // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия»*. Т. 25 (64). 2012. № 3. С. 109–114.

Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Т. 2: Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные / под общ. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Киев: Наукова думка, 1969. 536 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6: Украина и Молдавия. Вып. 4: Крым / под. ред. М.М. Айзенберга и М.С. Каганера. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 75 с.

ПРИРОДНЫЙ РАДИОНУКЛИД ^{210}Po В МОРСКОЙ БИОТЕ И СРЕДЕ: ПОСТУПЛЕНИЕ, АККУМУЛИРОВАНИЕ И ИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Г.Е. Лазоренко, А.А. Коротков

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; g.e.lazorenko@gmail.com

Введение. При исследовании природной радиоактивности в морской среде особое внимание обращается на альфа-илучающие радионуклиды, так как их воздействие на живые организмы определяет самые высокие дозовые нагрузки, формируемые в гидробионтах естественными и антропогенными источниками при условии неаварийных ситуаций на атомных объектах [Cherry, Shannon, 1974; Aarkrog et al., 1997]. Среди альфа-излучателей, присутствующих в морской среде, первое место занимает ^{210}Po – один из 7 изотопов полония, образующихся в цепи распада трех природных радиоактивных рядов (^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th). Этот 100 %-ный альфа-излучатель с энергией частиц 5,305 МэВ и периодом полураспада, равным 138,4 сут., замыкает собой распад ряда ^{238}U. На морскую поверхность ^{210}Po поступает, в основном, с атмосферными осадками, в которых он образуется вследствие распада части этого ряда, а именно: ^{222}Rn–^{210}Pb–^{210}Bi. Попадая в поверхностный слой морской воды, ^{210}Po тотчас включается в биогеохимические процессы в водной толще и служит одним из основных трассеров транспорта взвешенного органического вещества в морях и океанах [Cochran, Masque, 2003]. Дополнительно в морскую среду ^{210}Po поступает с пластовыми водами при добыче на шельфе нефти и газа, с жидкими промышленными стоками при добыче и переработке руд, содержащих уран, фосфорные соединения и редкоземельные элементы [Baxter, 1996]. Пищевой путь поступления ^{210}Po в гидробионты и закономерности его распределения в морских организмах позволили оценить роль этого радионуклида как природного трассера трофической цепи [Heyraud, Cherry, 1979]. В гидробионтах ^{210}Po ассоциируется с белками и аминокислотами [Cherry, Shannon, 1974; Durand, Goudard, 2002]. Концентрации ^{210}Po в морской среде и биоте определены для разных морских регионов [Cherry, Shannon, 1974; Aarkrog et al., 1997]. До 1999 г., когда в рамках проекта МАГАТЭ RER/2/003 "Marine Environmental Assessment in the Black Sea Region" нами было начато комплексное изучение поведения ^{210}Po в экосистеме Чёрного моря [Лазоренко, 2008; Lazorenko et al., 2009], этот радионуклид упоминался лишь в трех работах, объектами исследования в которых были макроводоросли [Гродзинский, 1965], вода [Wei, Murrey, 1994], а также в одной из работ отмечено упоминание пробы рыбы неопределенного вида [Aarkrog et al., 1997].

Цель настоящей работы состояла в проведении сравнительного анализа результатов собственных исследований способности гидробионтов Чёрного моря аккумулировать ^{210}Po в разных экологических условиях с их уровнями в таких же или близких видах из других морских регионов для определения закономерностей, характеризующих эти процессы.

Материалы и методы. Отбор проб поверхностной воды и гидробионтов проводили в севастопольских бухтах и устьевой зоне р. Бельбек (рис. 1), выбор которых обусловлен интенсивностью судоходства и количеством сбрасываемых жидких отходов различного происхождения, включая городские бытовые и ливневые стоки. В порядке увеличения уровней загрязнения исследованных районов полютантами разной химической природы их можно расположить в ряд: бухта Казачья (условно чистая) > устьевая зона р. Бельбек > бухта Стрелецкая > бухта Севастопольская > бухта Мартынова [Куфтаркова и др., 2008].

^{210}Po определяли в 20 видах рыб, из них 7 пелагических, 5 придонных и 8 донных. Моллюски представлены 5 видами: мидия *Mytilus galloprovincialis* (Lamark, 1819), гигантская устрица

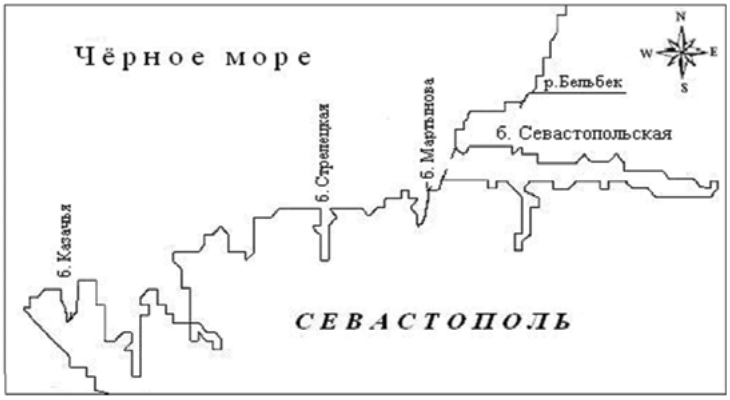


Рис. 1. Схема-карта районов отбора проб в Севастопольском морском регионе

Crassostrea gigas (Thunberg, 1793), *Ostrea edulis* (Linné, 1758), анадара *Anadara inaequivalvis* (Brunguière, 1789) и нана *Nana nerithea* (Linné, 1758). Макрофиты представлены лауренсией *Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour, цистозирой *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory, ульвой (*Ulva rigida* C. Agardh и энтероморфой *Enteromorpha intestinalis* (L.) Nees).

Радиохимический анализ ^{210}Po в гидробионтах и поверхностной воде объемом 20 л проводили в соответствии с утвержденной методикой [Методические рекомендации … 1980] и разработками [Chen et al., 1998]. Химический выход оценивали с использованием изотопа ^{208}Po (AEA Technology, Великобритания, $T_{1/2}$ = 2,898 г., Ea = 5,114 МэВ). Спонтанное осаждение ^{208}Po и ^{210}Po на диски из серебряной фольги осуществлялось в термостате при температуре 85 °С в течение 3,5 часов. Пробы измеряли на альфа-спектрометре ОСТÊТÊ РС (фирма EG&G ORTEC, США). Химический выход составлял 85–95 %. Концентрацию ^{210}Po в гидробионтах рассчитывали в Бк/кг сырой массы, воды – в Бк/м^3. Каждый результат представлен средней арифметической величиной при среднеквадратичном отклонении σ, не превышавшем 10 %, а для воды – 20 %.

Результаты и обсуждение. Концентрации ^{210}Po в поверхностной морской воде в разных морских акваториях зависят от их широты и долготы, изменяясь от 0,2 Бк/м^3 для Красного моря до 3,8 Бк/м^3 – для северной части Тихого океана [Cherry, Heyraud, 1988]. Концентрации ^{210}Po в воде севастопольских бухт изменялись от 0,58 до 0,65 Бк/м^3, что связано с условиями водообмена и уровнями загрязнения среды в каждой из них. В воде из открытой части моря диапазон его концентраций составлял 0,78–1,08 Бк/м^3, что обусловлено количеством взвешенного органического вещества (*далее* – ВОВ), процессами биоседиментации, определяющими скорость его осаждения и формирующими потоки ассоциированного с ним ^{210}Po [Лазоренко, 2008].

В зависимости от видовой принадлежности и своей способности аккумулировать ^{210}Po, черноморские макрофиты можно расположить в виде ряда: Rhodophyta > Phaeophyta > Chlorophyta, что соответствует закономерностям для таких же видов водорослей из других морей и океанов [Cherry, Shannon, 1974; Gouvea et al., 1988]. Больше всего внимания нами было уделено исследованию цистозиры – массовому виду бурых водорослей в Чёрном море, так как эти виды макрофитов выбраны МКРЗ для оценки дозовых нагрузок на донные растительные гидробионты от излучения ^{210}Po [Higley, 2007]. Нами установлено влияние условий обитания на уровни аккумулирования ^{210}Po цистозирой [Лазоренко, 2008]. В цистозире из прибрежной открытой части акватории концентрация ^{210}Po на 10–15 % была выше, чем в водоросли из полузакрытых акваторий. Это может быть связано с прозрачностью воды, обрастаниями или оседанием мелкой взвеси органического происхождения в неблагоприятных условиях обитания водоросли, способствующих блокированию или снижению скоростей обменных процессов со средой, в том числе при аккумулировании ^{210}Po. Подобные закономерности установлены для бентосных морских водорослей, обитающих в бухтах и открытой части морского побережья Бразилии [Gouvea et al., 1988].

Черноморские рыбы по своей способности аккумулировать ^{210}Po располагаются в виде ряда: пелагические > придонные > донные [Лазоренко, 2008]. Независимо от вида и экологической принадлежности, в самках рыб концентрации ^{210}Po выше, чем в самцах. Они всегда

выше в преднерестовой стадии и ниже – после нереста, что связано с выбросом во время нереста половых продуктов, состоящих, в основном, из белка, с которым ассоциирован этот радионуклид. В донных рыбах максимальные концентрации ^{210}Po (10,9 Бк/кг сырой массы) определены в султанке *Mullus barbatus ponticus* Essipov, а минимальные – в бычковых (0,7–2,8 Бк/кг сырой массы). Среди придонных видов таковыми были мерланг *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann) (17,3 Бк/кг сырой массы; стандартная длина особи SL = 11,2 см) и губан *Symphodus ocellatus* (Forsal) (3,08 Бк/кг сырой массы; SL = 10,3 см), а в пелагических – хамса *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleksandrov (52,7 Бк/кг сырой массы, SL = 7,8 см) и шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (32,03 Бк/кг сырой массы; SL = 10,8 см) (рис. 2).

Уровни аккумулирования ^{210}Po в моллюсках из севастопольских бухт зависят от типа питания, стадий репродуктивного цикла и экологического состояния гидробионтов [Лазоренко, 2008; Lazorenko et al., 2009]. Между нерестами гонады мидий проходят шесть стадий развития (1-я – относительного покоя, 2-я – начало гаметогенеза, 3-я – активный гаметогенез, 4-я – преднерестовая, 5-я – нерест, 6-я – посленерестовая перестройка) [Пиркова, 1994]. Максимальные концентрации ^{210}Po (Бк/кг сырой массы) в исследованных моллюсках в преднерестовой стадии уменьшались в ряду: *G. gigas* (69,7) > *M. galloprovincialis* (60) > *A. inaequivalvis* (32,2) > *O. edulis* (31,2) > *N. nerithea* (7,7), что отражает, в частности, связь аккумулирования ^{210}Po с типом питания моллюсков. В состав пищевого рациона устриц входит ВОВ, растворенное органическое вещество (далее – РОВ), микроорганизмы, планктон и детрит, для мидий – РОВ, микроорганизмы, одноклеточные водоросли и детрит, а для некрофаг нана – водоросли и детрит [Чухчин, 1984; Цихон-Луканина, 1987]. Известно, что нерест у устриц, анадары и наны происходит один раз в год, а у мидий – дважды, иногда трижды в год. При нересте потери массы мягких тканей черноморских устриц, анадары и мидий составляют 10–29 % их энергетического эквивалента [Финенко и др., 1990], что значительно влияет на уровни аккумулирования ^{210}Po в этот период их жизненного цикла. В мидиях и устрицах зависимости концентраций ^{210}Po от их половой принадлежности и стадий репродуктивного цикла имели однотипный характер: их величины всегда были выше в самках, при этом в преднерестовой стадии репродуктивного цикла разница между ними достигала 12,5 % – в мидиях и 15 % – в гигантской устрице (рис. 3).



Рис. 2. Концентрации ^{210}Po в целых рыбах из разных экологических групп: Б-К – бычок-кругляк; Б-Ч – бычок-черныш; Б-М – бычок-мартовик ; М-Ё – морской ёрш

Выводы. Полученные нами результаты определения ^{210}Po в черноморских гидробионтах и их сравнение с данными для других морских регионов свидетельствуют о наличии общих закономерностей аккумулирования этого природного радионуклида однотипными видами морских организмов. При этом величины концентраций ^{210}Po зависят от экологических условий в районах обитания гидробионтов, что важно оценивать при проведении сравнительных работ.

При исследовании рыб и моллюсков необходимо учитывать зависимость концентраций ^{210}Po от пищевых рационов этих гидробионтов, а также от процессов, связанных с количественными изменениями в них белка и аминокислот, прежде всего в разных стадиях репродуктивного цикла.

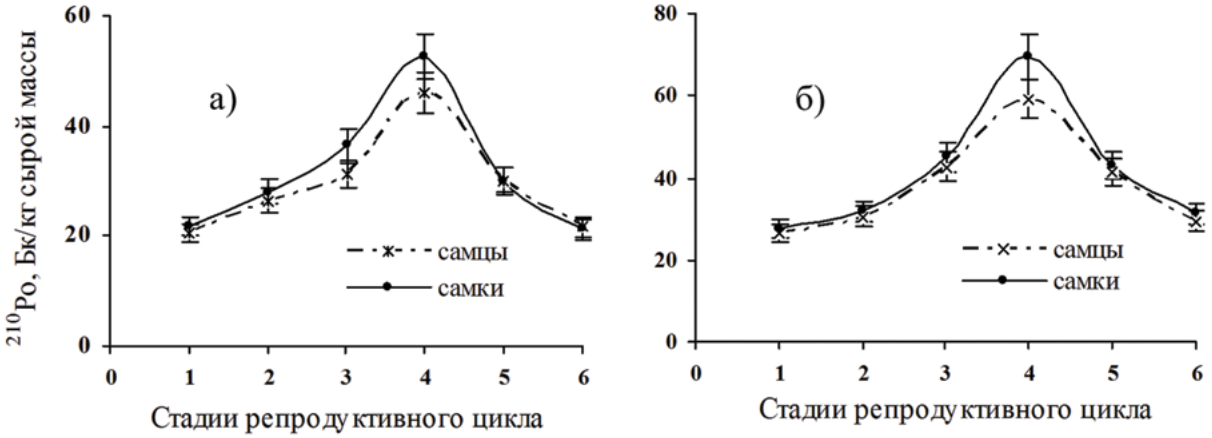


Рис. 3. Зависимость средних концентраций ^{210}Po в мягких тканях мидии (а) и устрицы *G. gigas* (б) от их половой принадлежности и стадий репродуктивного цикла

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гродзинский Д.М. *Естественная радиоактивность растений и почв*. К.: Наук. думка, 1965. 216 с.

Лазоренко Г.Е. Распределение природного радионуклида ^{210}Po в компонентах экосистемы Чёрного моря // *Радиоэкологический отклик Чёрного моря на Чернобыльскую аварию* / под ред. Г.Г. Поликарпова, В.Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 311–337.

Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А.Н. Марея, А.С. Зыковой. М.: МЗ СССР, 1980. 356 с.

Пиркова А.В. *Размножение мидии Mytilus galloprovincialis Lam. и элементы биотехнологии ее культивирования*: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.00.17 «гидробиология». Севастополь, 1994. 25 с.

Финенко Г.А., Романова З.А., Аболмасова Г.И. Экологическая энергетика черноморской мидии // *Биоэнергетика гидробионтов* / под ред. В.Е. Шульмана и Г.А. Финенко. К.: Наук. думка, 1990. С. 32–72.

Цихон-Луканина Е.А. *Трофология мидий*. М.: Наука, 1987. 176 с.

Чухчин В.Д. *Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря*. К.: Наук. думка, 1984. 176 с.

Aarkrog A., et al. A comparison of doses from ^{137}Cs and ^{210}Po in marine food: A major international study. *J. Environ. Radioactivity*. 1997. Vol. 34. № 1. P. 69–90.

Baxter M.S. Technologically enhanced radioactivity: an overview. *J. Environ. Radioactivity*. 1996. Vol. 32. № 1–2. P. 3–17.

Cherry R.D., Shannon L.V. The alpha radioactivity of marine organisms. *Atomic Energy Rev*. 1974. Vol. 12. P. 3–45.

Cherry R.D., Heyraud M. Lead-210 and polonium-210 in the World's oceans. *IAEA-TECDOC-481: Inventories of selected radionuclides in the oceans*. Vienna: IAEA, 1988. P. 139–158.

Chen Q., Dalhgaard H., Nielsen S.P., Aarkrog A. Determination of ^{210}Po and ^{210}Pb in mussel, fish, sediment, petroleum. *Department of nuclear safety research and facilities*: RISOE National Laboratory, Denmark. November, 1998. 1998. 10 p.

Cochran J.K., Masque P. Short-lived U/Th series radionuclides in the ocean: Tracers for scavenging rates, export fluxes and particle dynamics. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2003. Vol. 52. № 1. P. 461–492.

Durand J.P., Goudard F. Ferritin and hemocyanin: ^{210}Po molecular traps in marine fish, oyster and lobster. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 2002. Vol. 233. Iss. 4. P. 199–205.

Gouvea R.C., Castelo Branco M.E., Santos P.L., Goueva V.A. Accumulation of ^{210}Po by benthic marine algae. *Environ. Technol. Lett*. 1988. Vol. 9. Iss. 8. P. 891–897.

Heyraud M., Cherry R.D. Polonium-210 and lead-210 in marine food chains. *Mar. Biol*. 1979. Vol. 52. № 3. P. 227–236.

Higley K.A. ICRP C5 Update. *PROTECT Meeting ICRP* (Vienna, Austria, June 2007). Vienna: ICRP, 2007. 66 p.

Lazorenko G.E., Polikarpov G.G., Pirkova A.V., Osvath I. Naturally occurring radionuclide ^{210}Po in the Black Sea mollusks. *Морской экологический журнал*. 2009. Vol. IX. № 3. P. 43–48.

Wei C.-L., Murrey J.W. The behavior of scavenged isotopes in marine anoxic environments: ^{210}Pb and ^{210}Po in water column of the Black Sea. *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 1994. Vol. 58. Iss. 7. P. 1795–1812.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА И ПЕРВИЧНЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ МОРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВО ВРЕМЕНИ

П.Р. Макаревич

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
makarevich@mmbi.info

Изменения в морских арктических экосистемах под влиянием глобальных климатических колебаний формируются в нескольких основных направлениях, которые изменяют как структуру сообществ экосистем, так и её продуктивность.

Одним из последствий, происходящих в настоящее время климатических изменений на планете, является потепление, сопровождающееся уменьшением площади ледового покрова в Арктике, что, несомненно, должно отразиться на уровнях синтеза органического вещества сообществами первичных продуцентов.

Первичное органическое вещество открытых арктических вод мирового океана создается двумя компонентами первичных продуцентов – пелагической и ледовой флорой.

Существенный вклад в процессы первичного продуцирования на акваториях арктических морей вносит криофлора. Лед, в процессе своего формирования, аккумулирует большое количество биогенного вещества, что позволяет обеспечить высокую продукцию ледовых микроводорослей. Период активной вегетации ледовых альгоценозов, как правило, короток, но процессы фотосинтеза в этот период очень активны. Следует отметить, что роль микрофлоры льда в создании первичного органического вещества возрастает в тех акваториях морей, где биотоп для этой группы водорослей существует длительный период года.

Еще одна важнейшая функция льда. Лед со своей альгофлорой является своеобразным депо «посевного материала», способного вызывать бурное цветение богатой биогенами пелагиали прикромочной области, и эта активная вегетация микроводорослей сохраняется на всей площади отступающей кромки тающего льда (рис. 1). Продукция прикромочной зоны до сих пор достоверно не оценена, но её вклад в создание органического вещества в Арктике колоссален. Это зона, так называемого «весеннего цветения» в период которого синтезируется от 40 до 80 % годового выхода органического вещества. Весеннее цветение сообществ



Рис. 1. Расположение кромки льда и зоны прикромочного цветения в морях Западной Арктики

микроводорослей вблизи ледовой кромки активизируется во времени и пространстве за счет гидрологического и гидрохимического воздействия тающего льда на структуру близлежащей пелагиали. Цветение обычно образует зону шириной до 100 км вдоль кромки льдов [Alexander, Niebauer, 1981].

В арктической зоне, занимающей всю северную половину Баренцевоморского бассейна, единственный зарегистрированный максимум первичной продукции (1,2 млн тонн/месяц) определяется вышеописанным прикромочным цветением, которое начинается в Баренцевом море в конце апреля в период интенсивного таяния льдов и продолжается в течение всего теплого периода на узкой полосе воды вдоль отступающей ледовой кромки. В освобождающихся в весеннее-летний период от ледового покрова северных и восточных районах водоема, характеризующихся так называемым прикромочным весенним цветением, уровень первичного продуцирования составляет до 540 мгС/м^3 в сут. На освободившейся ото льда акватории (в неприкромочной зоне) продукция резко снижается до 81 мгС/м^3 в сут. [Макаревич, Дружкова, 2010; Макаревич, 2012].

Специфика прикромочного цветения – развитие активной вегетации в пелагиали идет как в пространстве (по горизонтали и вертикали), так и во времени. Исследования, проведенные ММБИ КНЦ РАН в весенний сезон 2016 г. дали возможность выявить влияние ледового покрова на начало весеннего развития сообщества микрофитопланктона в прикромочной зоне Баренцева моря. По своей ледовой обстановке апрель 2016 г. характеризовался аномальной границей распространения кромки льдов (более северной) для этого сезона (рис. 2). Вполне вероятно было ожидать, что, несмотря на более северную границу льда, сроки начала вегетации автотрофов в этой зоне совпадут со сроками начала весеннего цветения, характерными для среднемноголетней кромки льда, так как океанографические условия, сопутствующие старту весеннего цветения, в обоих случаях не имели существенных различий.

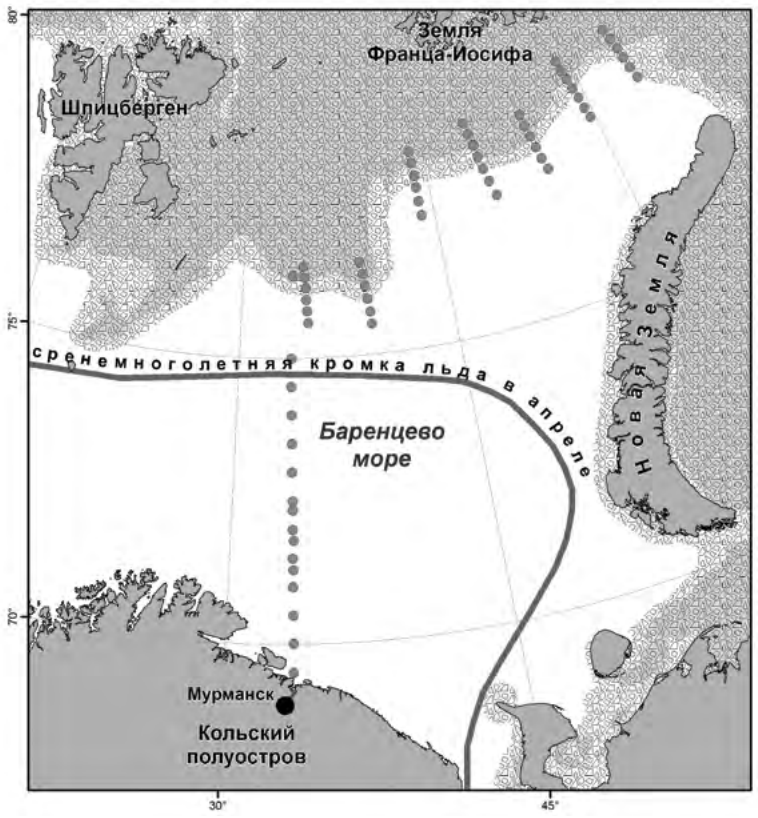


Рис. 2. Точки отбора гидробиологических проб и расположение кромки льда в экспедиционных исследованиях на НИС «Дальние Зеленцы» в апреле 2016 г.

Результаты наших исследований не выявили активного развития первичных продуцентов не в прикромочной зоне, не в открытых водах, т.е. нам не удалось зафиксировать сколь-нибудь значимых показателей обилия микроводорослей и концентрации хлорофилла *a*. Мы предполагаем, что весеннее цветение в том районе, где находилась кромка льда, начнется в «стандартные» для этого района сроки, т.е. не ранее конца мая – июня.

Таким образом, существенное сокращение ледового покрова в 2016 г. привело к сокращению зоны активной вегетации (весеннего цветения) на акватории Баренцева моря автотрофных микроводорослей, так называемой прикромочной зоны, а также к более поздним срокам активизации весеннего развития пелагического альгоценоза. Мы наблюдаем серьезные изменения в цикле сезонного развития пелагического альгоценоза как в пространстве (по горизонтали и вертикали), так и во времени.

Снижение площадей, занятых прикромочным цветением, и сроков вегетационного периода (активной вегетации), дает нам основание предполагать снижение в целом первичной продуктивности Баренцева моря в условиях глобального потепления и связанного с ним сокращения площади ледового покрова в Арктике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Макаревич П.Р. Первичная продукция Баренцева моря // *Вестник МГТУ*. 2012. Т. 15. № 4. С. 786–793.

Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. *Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. 280 с.

Alexander V., Niebauer H.J. Oceanography of the eastern Bering Sea ice-edge zone in spring. *Limnol. Oceanogr*. 1981. Vol. 205. P. 207–217.

АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГУСЕОБРАЗНЫХ (биохимические предпосылки)

С.В. Малько

Керченский государственный морской технологический университет
г. Керчь, Россия
sergmalko@rambler.ru

Адаптация известна на всех уровнях биологической организации. На поведенческом уровне организмы действуют, таким образом, который увеличивает их шансы на успех в данной среде и их способность успешно использовать эту среду. На морфологическом уровне структуры организма практически всегда отображают те условия, с которыми контактирует данный вид. На физиологическом уровне способ выполнения жизненных функций часто отображает внешние условия, с которыми контактирует данный вид. На биохимическом уровне отображаются глубинные механизмы этологических, морфологических и физиологических адаптаций, – так как при реализации практически любой из форм адаптации организм подвергается целому ряду биохимических изменений в соответствующих его структурах.

Поэтому современные экологи проявляют повышенный интерес к методам биохимии, используя их для изучения границ и структуры популяций, роли изолирующих факторов в процессах преобразования экологических систем.

Как известно, окисление может происходить как по ионному, так и по свободнорадикальному (пероксидному) механизму. Кроме того, в процессы пероксидного окисления могут вовлекаться различные легкоокисляющиеся соединения (жиры, липиды и др.) [Владимиров, Арчаков, 1972]. Процессы пероксидного окисления липидов (ПОЛ) постоянно протекают в любой живой системе и являются условием её нормального функционирования. Однако отклонения ПОЛ от стационарного уровня приводит к негативным и даже необратимым последствиям, которые связаны с повреждением важнейших субклеточных единиц и макромолекул [Владимиров, Арчаков, 1972]. За поддержанием уровня ПОЛ на гомеостатическом уровне отвечает антиоксидантная система, которая весьма сложна и имеет множество обратных звеньев и механизмов. В организме животных она представлена ферментативным и неферментативным звеньями, которые достаточно тесно связаны между собой [Владимиров, Арчаков, 1972]. Ключевым антиоксидантом, который имеет функциональные связи практически со всеми компонентами системы антиоксидантной защиты является витамин Е [Калитка, 1995].

Современные биохимические исследования позволяют считать систему антиоксидантной защиты одной из важнейших систем, поддерживающих гомеостаз организмов. Предполагаем, что эффективность антиоксидантной системы обуславливает степень экологической валентности животных, в особенности это касается птиц, стратегия которых характеризуется высокой скоростью обменных процессов и значительной концентрацией кислорода в тканях организма. Способность организма в той или иной степени удерживать автоколебания ПОЛ в гомеостазе обуславливает его антиоксидантный статус.

Можно предположить, что лабильность и эффективность системы антиоксидантной системы являются видоспецифическими.

Поэтому *целью работы* было отслеживание некоторых глубинных механизмов этого явления: изучение состояния антиоксидантной системы как индикатора адаптационных возможностей.

Объектом данного исследования были выбраны кряква (*Anas platyrhynchos*) (*n = 102)* и серый гусь (*Anser anser*) (*n = 77*) как виды, обладающие высокой экологической валентностью и пеганка (*Tadorna tadorna*) (*n = 80*) как узкоспециализированный вид.

Материалы и методы. Материалом для исследования была выбрана кровь как самая динамическая ткань организма. В ходе эксперимента контролировали уровень пероксидного окисления липидов в плазме крови и концентрацию витамина Е, как основного антиоксиданта теплокровных в сыворотке крови. С целью контроля качества материалов эксперимента определяли сохранность поголовья, состояние оперения и живую массу. Интенсивность ПОЛ определяли по концентрации конечного продукта ПОЛ – малонового диальдегида, по реакции с тиобарбитуровой кислотой, с последующим спектрофотометрическим определением окрашенного (максимум поглощения при λ = 535 нм) триметинового комплекса [Владимиров, Арчаков, 1972]. Концентрацию витамина Е в сыворотке крови определяли по стандартной методике [Кривенко, 1999]. Статистическая обработка результатов эксперимента проводилась с использованием критерия Стьюдента ($p \leqslant 0{,}05$).

Обсуждение результатов. Многие исследователи отмечают высокую экологическую пластичность различных видов гусеобразных, которая позволяет им успешно адаптироваться к быстро изменяющимся (в том числе под антропогенным воздействием) условиям среды [Кривенко, 1991; Лысенко, 1984; Малько, 2016; Олейников, 1966; Панов, 1983]. Кряква и серый гусь обладают достаточно высокими адаптационными возможностями. Об этом свидетельствует способность указанных видов использовать различные корма, легко приспосабливаться к разнообразным биотопам в период гнездования, успешно менять стереотипы поведения. Пеганка – узкоспециализированный в трофике и биотопической избирательности вид.

В настоящее время существует представление, что единого биохимического механизма адаптивного ответа на действие различных факторов нет. Защитные системы могут быть в виде эндогенных белков-протекторов; адаптивным эффектом обладают и вещества, генерирующие в клетках свободные радикалы [Владимиров, Арчаков , 1972]. Накопление этих веществ приводит к угасанию адаптивного эффекта. Антиоксиданты нейтрализуют свободные радикалы и оптимизируют метаболизм, стимулируют синтез биологически активных и других соединений в клетках. Поэтому сейчас системе антиоксидантной защиты придают большое значение в реализации адаптивного ответа у эукариот [Котеров, 1999].

Как уже упоминалось, основным антиоксидантом теплокровных животных является витамин Е, его недостаток приводит к изменению количественного соотношения мембранных фосфолипидов и жирных кислот, обуславливающих изменение проницаемости и нарушение функции биологических мембран [Кривенко, 1999], а оптимальное содержание – обеспечивает эффективную поддержку процессов пероксидации на гомеостатическом уровне.

Антиоксидантный статус оценивается наиболее часто уровнем перекисного окисления липидов. Мы предполагаем, что уровень ПОЛ обратно пропорционален степени экологической валентности.

Проведенные исследования позволили выяснить сезонную динамику уровня ПОЛ (рис. 1) и витамина Е как ключевого антиоксиданта (рис. 2).

Самый высокий уровень ПОЛ отмечали у пеганки, значительно ниже – у серого гуся и кряквы. Значительные различия в динамике ПОЛ у кряквы и серого гуся в период август – ноябрь нивелируются в ноябре и в зимние месяцы. У кряквы по данному параметру различали значительные половые различия, особенно в сентябре, кроме того, этот вид отличался наиболее динамичными изменениями данного параметра. Вместе с тем концентрация витамина Е в крови оставалось относительно стабильной, а в некоторых случаях при незначительной интенсификации процессов ПОЛ – даже повышалась, что свидетельствует о высокой экологической валентности данного вида.

У серого гуся сезонные изменения уровня ПОЛ менее динамичны, чем у кряквы, незначительные половые различия отмечали в октябре и декабре. Как и у кряквы, отмечается стабильная концентрацию витамина Е; к зиме происходит плавное ее снижение, однако при этом снижается и интенсивность процессов ПОЛ. У пеганки уровень ПОЛ не имеет значительных половых различий; с июня по август происходит повышение, а с сентября по январь постепенное снижение.

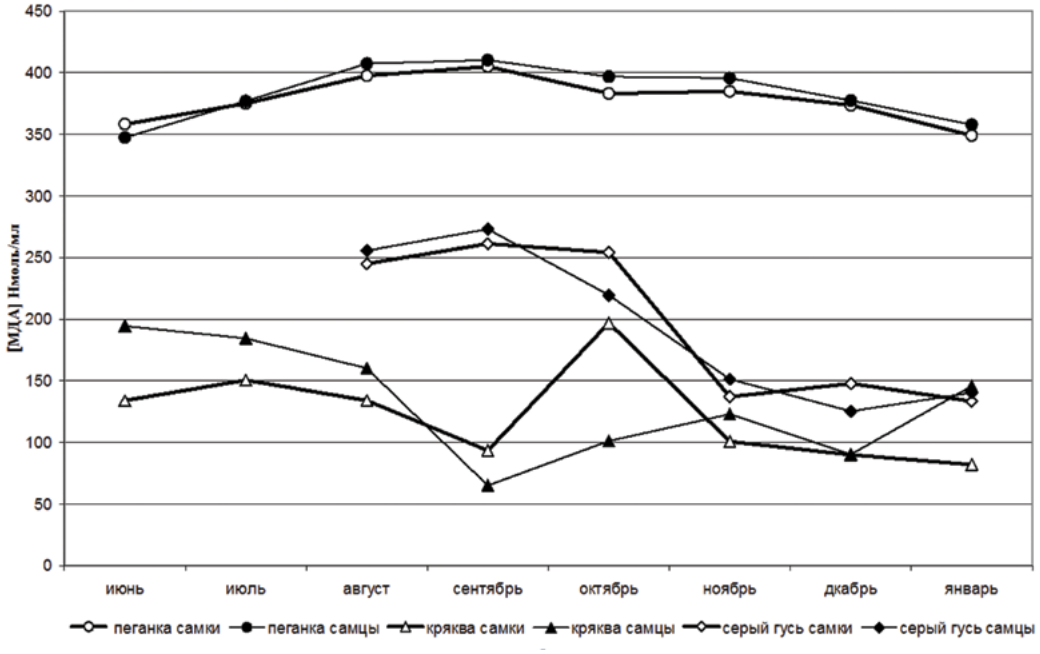


Рис. 1. Сезонная динамика уровня перекисного окисления липидов в крови модельных видов

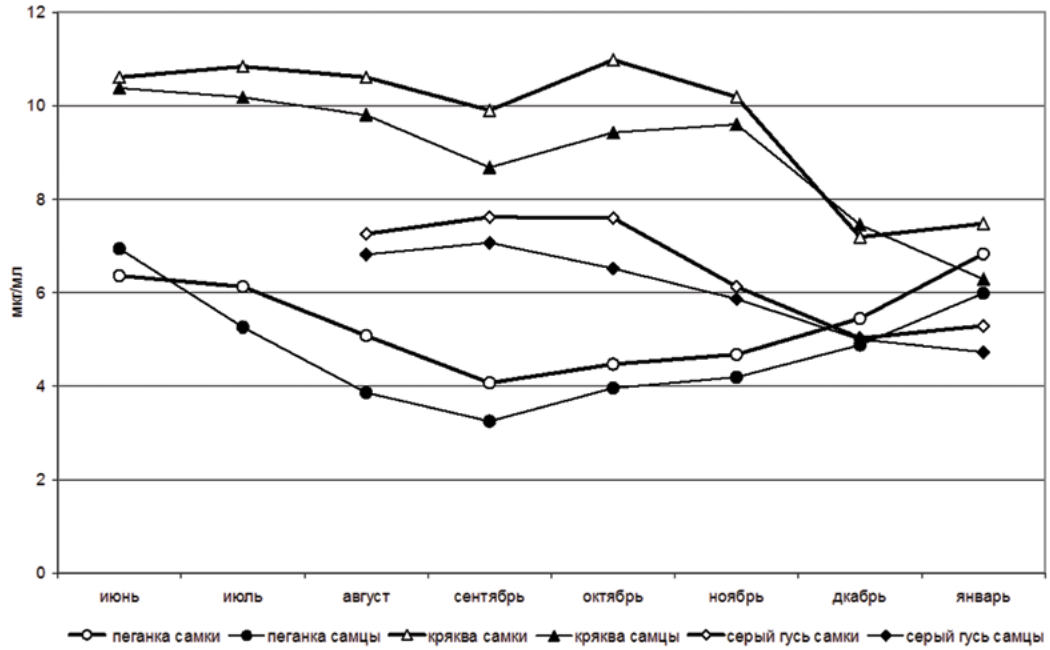


Рис. 2. Сезонная динамика витамина Е в крови модельных видов

Вероятно, существенные половые различия у кряквы определяются значительным половым диморфизмом (самки и самцы имеют значительные различия в окраске, обусловленные необходимостью синтезировать большое количество пигментов). Небольшие различия у гуся, вероятно, связаны с незначительными различиями в окраске.

При повышении уровня ПОЛ в крови пеганки происходит достаточно быстрое исчерпание витамина Е, что свидетельствует о сравнительно уязвимой системе антиоксидантной защиты и, как следствие, довольно слабых адаптационных потенциях на популяционном уровне. Наибольшей витаминной обеспеченностью во время эксперимента обладала кровь

кряквы, несколько ниже она была у серого гуся, самой низкой у пеганки. В целом значительные видовые различия по данному параметру в летне-осенний период сглаживаются зимой.

Что касается половых различий, то в среднем уровень ПОЛ выше у самцов, а концентрация витамина Е – в крови самок. По нашему мнению, это явление – проявление более широкой нормы реакции у самок.

Таким образом, антиоксидантный статус может характеризовать потенциальные возможности к адаптациям различных видов гусеобразных. Эта гипотеза может быть использована для определения состояния популяций и видов птиц с точки зрения прогнозирования их будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. *Перекисное окисление липидов*. М.: Наука, 1972. 252 с.

Калитка В.В. *Дослідження біологічних властивостей комплексних водо- та жиророзчинних антиоксидантів та їх впливу на антиоксидантову систему захисту:* дис. … докт. с.-х. наук. 06.00.26. Запоріжжя, 1995. 416 с.

Котеров А.Н., Никольский А.В. Молекулярные и клеточные механизмы адаптивного ответа у эукариот // *Укр. биохим. журн.* 1999. Т. 71. № 3. С. 13–25.

Кривенко В.Г. Водоплавающие птицы и их охрана. М.: Агропромиздат, 1991. 271с.

Кривенко О.М. Вплив α-токоферолу та фосфоліпідів, що містять ω-жирні кислоти на властивості мембран // *Укр. биохим. журн.* 1999. Т. 71. № 5. С. 127–131.

Лабораторные исследования в ветеринарии: биохимические и микробиологические: справочник / сост. Б.И. Антонов, Т.Ф. Яковлева и др.; под ред. Б.И. Антонова. М.: Агропромиздат, 1991. 278 с.

Лысенко В.И. Особенности питания и обеспеченность кормами гусеобразных птиц на юго-востоке Украины // *Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц*. М.: Наука, 1984. С. 328–330.

Малько С.В. *Количественный анализ адаптационных возможностей на примере представителей отряда гусеобразные* (Anseriformes): монография. Ульяновск: Зебра, 2016. 146 с.

Олейников Н.С. *Искусственные гнездовья для диких уток*. М.: Лесн. пром-ть, 1966. 110 с.

Панов Е.Н. *Поведение животных и этологическая структура популяций*. М.: Наука, 1983. 432 с.

РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА И МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ БИОТЫ

В.И. Мысливец

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
myslivets@yandex.ru

При изучении эволюции биосферы чрезвычайно важной является проблема массовых вымираний биоты. В фанерозое таких событий разного ранга насчитывается до 29 [Алексеев и др., 2001]; наиболее важными из них являются 4, в том числе на рубеже палеозоя – мезозоя и мезозоя – кайнозоя (рис. 1). Особенно резкие пики массовых вымираний на графике приходятся именно на ранний триас и мел-палеогеновую границу.

Данные об интенсивности торфоугленакопления на суше также подтверждают минимальное торфоугленакопление в триасе и на границе мела и палеоцена.

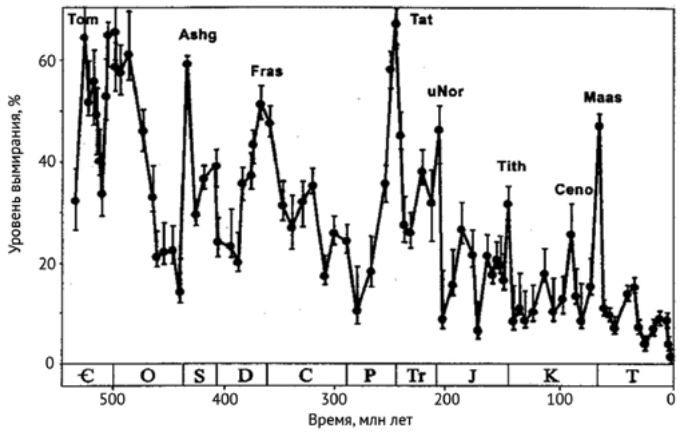


Рис. 1. Изменения уровня вымирания родов морских животных на протяжении кембрия – неогена [Алексеев и др., 2001]

Примечания: массовые вымирания обозначены буквами *fras* – на рубеже девона и карбона, *tat* – на границе перми и триаса и *maas* – на границе мела и палеогена.

Среди причин массовых вымираний называют как собственно биологические, вроде внутривидовой борьбы или узкой специализации, так и связанные с неблагоприятными факторами внешней среды. Данные по массовым вымираниям обобщил М.С. Бараш [2015]. Рассмотрев многочисленные предложенные объяснения этих явлений, он пришел к выводу, что на Земле реализуются две последовательности событий: собственно земные, приводящие к мощному вулканизму, и космические – падение на Землю крупных комет или астероидов. В обоих случаях в атмосферу выбрасываются вредные химические элементы и аэрозоли, возникает парниковый эффект, потепление, затемнение атмосферы, препятствующее проникновению ультрафиолетовых лучей и фотосинтезу, развивается стагнация океана, аноксия; происходит разрыв пищевых цепей, сокращение биопродуктивности и вымирание значительной части биоты. Подобные события может вызвать какая-либо из этих двух причин [Бараш, 2015].

Нами было предпринято полевое обследование разрезов верхнего палеозоя – мезозоя, вскрытых на правобережье Волги между Саратовом и Самарой. Контакт маастрихта и палеоцена (известняки, опоки, писчий мел) обнажается южнее г. Вольска. К нему приурочен размыв низов датского яруса, который связывается с глубокой регрессией моря. Известняки каменноугольного и пермского возраста обнажаются на правом берегу Волги в южной части Самарской Луки. Пермские отложения здесь перекрываются корой выветривания мощностью не менее 8 метров, свидетельствующей о существовании регионально развитой поверхности выравнивания. Таким образом, в обоих случаях седиментация прерывалась, и имел место длительный и глубокий континентальный этап. Следовательно, палеогеографические события и приуроченные к ним массовые вымирания носили не внезапный и катастрофический характер, а развивались в течение длительного времени.

К концу прошлого столетия изученность биоты достигла той степени, когда стало возможным составлять карты суши земного шара, наглядно показывающие степень биоразнообразия. Наиболее объективно она оценивается по числу видов, приходящихся на единицу площади. Биоразнообразие на суше подчиняется широтно-зональной, высотно-поясной и континентально-океанической закономерностям. По высоким показателям биоразнообразия выделяются горные области, что дает основания выделить еще одну закономерность – орографическую: зависимость ареалов биоты и биоразнообразия от высоты и расположения горных хребтов, плато, нагорий и возвышенностей. Можно назвать по крайней мере три причины, определяющие важную роль орографического фактора.

Во-первых, горные хребты часто образуют непреодолимую преграду на пути миграций разных видов, оказывая воздействие на очертания ареалов. Во-вторых, различия в степени увлажнения наветреных и подветреных склонов горных хребтов оказывают влияние на все компоненты ландшафта, в том числе и на биоту. Этот фактор часто действует совместно с секторным континентально-океаническим. В-третьих, хребтам, нагорьям, плоскогорьям часто присущ повышенный эндемизм, и с этим может быть связано увеличение биоразнообразия.

Таким образом, из четырех закономерностей пространственного распределения биоты суши три связаны с горами – или напрямую, или в значительной степени. Обычно указывают на разнообразие местообитаний как фактор ценотического, экосистемного разнообразия горных ландшафтов. К этому следует добавить некоторые особенности природной среды в горах, которые могут воздействовать на уровне отдельных организмов. Это, прежде всего, особенности спектра солнечной радиации в горах и, в частности, повышенное воздействие ультрафиолета. Затем надо указать на особенности состава и количества микроэлементов, принимающих участие в биологическом обмене веществ организмов, обитающих в горах. Так, известно повышенное плодородие вулканических почв. Для гор с отсутствием современного вулканизма может играть роль разнообразие состава горных пород, образующих многочисленные скальные выходы. Высказано предположение о повышенном радиационном фоне в горных областях и связанных с этим мутациях генов. Возможно, какую-то роль играют флюиды, поднимающиеся по многочисленным разломам и ослабленным зонам. То же самое можно сказать о нуждающейся в выяснении роли атмосферного электричества. Так, известна повышенная грозовая активность на Алтае и в других горных районах. На ценотическом уровне проявляются активные процессы – оползни, осыпи, лавины, которые могут вызывать сукцессии и образование новых видов [Воронов и др., 2003]. В целом надо отметить, что развитие жизни определяет кругооборот веществ, а он в горах намного интенсивнее, чем на равнинах.

Исследование, проведенное на обширном полевом материале, показало, что иногда даже небольшие различия в рельефе Верхоянских гор могут играть роль в определении разнообразия авифауны. Оказалось, что птицы предпочитают ландшафты со следами оледенения горам с простым эрозионно-денудационным расчленением.

В Мировом океане условия жизни – солнечный свет, насыщенность воды кислородом, наличие питательных солей. Биоразнообразие определяется геоморфологическими условиями, степенью эндемизма, геологической историей регионов. Отмеченные для суши закономерности распределения биоты проявляются в океане, хотя есть и существенная специфика. Так, широтно-зональное распространение отчетливо проявляется в литоральной и неритовой зонах. Высотно-поясная зональность в океане соответствует вертикальной (общее уменьшение биомассы и количества видов с глубиной). Секторная зональность в океане носит название циркумконтинентальной и проявляется в закономерной смене компонентов природной среды с удалением от берега: это не только обеднение жизни, уменьшение поступления биогенных веществ, но и изменения видового состава в ходе колонизации мелководной фауной абиссальных глубин. Очень важен орографический фактор. Известна роль срединно-океанических хребтов как препятствий для миграций фауны абиссали. Некоторые апвеллинги, в частности важнейший Перуанско-Чилийский, связаны с особенностями рельефа дна – узким шельфом и крутым континентальным склоном. Фауна гипабиссали – глубоководных желобов –

отличается высоким уровнем эндемизма. Над подводными горами, находящимися в потоке течения, образуются вихри Тейлора, в которых происходит местный подъем питательных солей, определяющий формирование «оазиса биоразнообразия» посреди океанской пустыни. Научной сенсацией стало открытие глубоководных гидротерм с их фауной, занимающих вполне определенные геоморфологические позиции – в осевой зоне срединных хребтов. Морские экосистемы оказываются настолько чувствительны к характеру рельефа, что очертания шельфовых мелководий являются фактором видообразования [Валентайн, Яблонский, 1988].

Приведенные данные позволяют констатировать, что и на суше, и в океане, несмотря на его специфику, роль рельефа в биоразнообразии трудно переоценить. Выделяется горный рельеф, хотя его роль на суше и в океане несколько различна. Велико также значение береговой линии: чем она изрезаннее, с большим количеством заливов, бухт, мысов, островов, тем больше при прочих равных условиях разнообразие местообитаний и возможностей дифференциации биоты.

Сопоставление этапов эволюции биоты с тектоно-магматическими эпохами фанерозоя показывает, что интенсивные тектонические движения были благоприятны для развития жизни, а упомянутые выше пики массовых вымираний совпадают с границами эпох – каледонской, герцинской, мезозойской и альпийской (кайнозойской). Можно сделать вывод, что большую роль в эволюции как сухопутной, так и морской биоты играл рельеф, связанный с тектоническими движениями: расчлененный рельеф образуется в эпохи складчатости и орогенеза. При этом речь идет как о вертикальном, так и о горизонтальном расчленении.

Этот вывод подтверждается косвенными данными о расчлененности рельефа прошлых эпох. По данным В.Г. Чернова [1983], увеличение доли псефитовых отложений в разрезах континентов приурочено к тектоно-магматическим эпохам фанерозоя (рис. 2).

График на рисунке 2 составлен по данным А.Б. Ронова [1980, рис. 8]. По этим материалам, представленным в табличном виде, нами был построен график интенсивности механической денудации и терригенной аккумуляции в пределах континентов в фанерозое, исключая четвертичный период [Проблемы … 1999]. Интенсивность денудации и аккумуляции определялась отношением объема терригенных отложений к величине площади размыва или накопления за единицу времени и выражалась в Б (мм/1000 лет). На графике видно усиление денудации во время тектоно-магматических циклов и ослабление на их временных рубежах. Логично интерпретировать эти данные как отражение степени расчлененности рельефа.

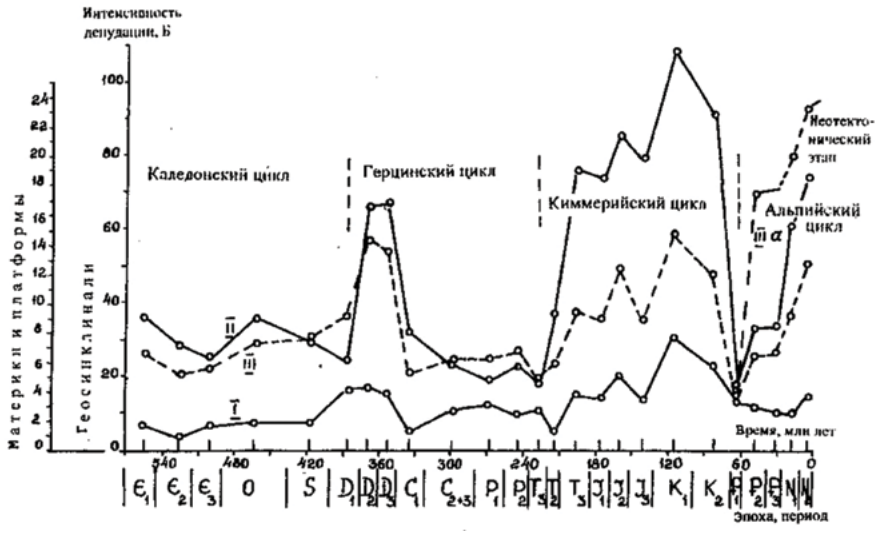


Рис. 2. Интенсивность механической денудации континентов в фанерозое

Примечания: I – платформы, II – геосинклинали, III – материки (IIIа – с введением поправки на объём осадков в океане). Вертикальный масштаб для платформ и материков увеличен (по данным: [Ронов, 1980]).

Упомянутые выше регрессивные условия в начале и конце мезозоя, отразившиеся в разрезах правобережья Волги, могли быть связаны с уменьшением объема срединно-океанических хребтов на границах глобальных тектоно-магматических циклов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С., Дмитриев В.Ю., Пономаренко А.Г. *Эволюция таксономического разнообразия*. М.: ГЕОС, 2001. 126 с.

Бараш М.С. *Причины катастрофических массовых вымираний в фанерозое: Условия среды во время катастроф*. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. С. 143.

Воронов А.Г., Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А., Мяло Е.Г. *Биогеография с основами экологии*. М.: Академкнига, 2003. 408 с.

Валентайн Дж.У., Яблонский Д. Видообразование в морском мелководье: общие тенденции и проверка биогеографическими данными // *Биосфера: эволюция, пространство, время*. М.: Прогресс, 1988. С. 175–196.

Проблемы теоретической геоморфологии. М.: МГУ, 1999. 512 с.

Ронов А.Б. *Осадочная оболочка Земли*. М.: Наука, 1980. 85 с.

Чернов В.Г. Эволюция псефитонакопления в истории Земли // *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология*. 1983. № 3. С. 15–21.

ЖЕЛЕТЕЛЫЙ МАКРОЗООПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ (2012–2014 гг.)

В.В. Саяпин

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
sayapin@ssc-ras.ru

Желетелый макрозоопланктон, в морских экосистемах юга России, занимает верхние звенья пищевых цепей, наряду с планктоноядными рыбами и является их главным конкурентом, поэтому изменения в качественных и количественных характеристиках этого сообщества сказывается на состоянии всей морской экосистемы, включая экосистемы прибрежных районов. Доминирование определенного вида этой группы определяет характер функционирования планктонных сообществ.

В Азовском море не образуется собственных постоянных популяций видов составляющих сообщество желетелого макрозоопланктона. Каждый год происходит вселение этих видов из Черного моря и, таким образом состояние желетелого планктона в Азовском море тесно связано с состоянием черноморских популяций составляющих его видов [Гребневик … 2000; Поважный В.В., Моисеев Д.В., 2006; Поважный, 2009].

Так, предыдущие исследователи [Виноградов и др., 2005] выделяли три периода в эволюции экосистемы Чёрного моря за последние 40 лет. Каждый из них характеризуется интенсивным развитием определенных видов желетелого макропланктона. Первый, продолжавшийся до середины 1980-х, характеризовался преобладанием в желетелом планктоне Черного моря медузы *Aurelia aurita* (L. 1758). Суммарная биомасса этого вида, достигала в середине 1980-я х гг., в Чёрном море 200–450 млн т., вследствие чего аурелией потреблялось от 113 × 10^6 до 162 × 10^6 млн ккал., что составляло от 9–13 % годовой первичной продукции водоема. В середине 1980-х гг., ими потреблялось 34–67 % всего кормового планктона Чёрного моря, что в 4–8 раз больше, чем потреблялось всеми рыбами-планктофагами [Аннинский, 1989].

Тем не менее в это время экосистема Чёрного моря находилась в относительном равновесии, и улов рыбы оставался на приблизительно постоянном уровне [Виноградов и др., 1992]. Второй период начался с 1988 г., интенсивным развитием в черноморском бассейне гребневика *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865). В летний период 1989–1990 гг., на пике развития мнемиопсиса в Чёрном море, им ежесуточно выедалось до 7 % наличной биомассы и до 50 % ежесуточной продукции кормового зоопланктона, что привело к устойчивому снижению биомассы зоопланктона [Виноградов и др., 1995]. Этот вид преобладал среди желетелого макропланктона до вселения плотоядного гребневика *Beroe ovata* Bruguière, 1789, который относится к хищникам, питающимся исключительно гребневиками отряда Lobata. Впервые этот вид был зарегистрирован в 1997 г., вспышка численности наблюдалась в 1999 г. [Виноградов и др., 2000]. Каждый период вспышки гребневиков характеризовался значительными изменениями в структуре сообществ планктона и влиял на воспроизводство рыб [Виноградов и др., 2005].

Распространение мнемиопсиса в Азовском море является причиной кардинальных изменений структуры планктонного сообщества. Доминирующие голопланктонные виды (копеподы и кладоцеры) сменяются меропланктонными (личинки донных животных), размножение которых слабо зависит от процессов, происходящих в пелагиали. В то же время, выедание организмов мезопланктона прерывает естественную цепь передачи вещества и энергии на высшие ступени трофической пирамиды, что негативно сказывается на состоянии азово-морских популяций планктоноядных рыб. Снижение трофического пресса мезопланктона на мелкие одноклеточные организмы и обогащение вод метаболитами гребневика ведет

к бурному развитию микропланктонного сообщества, таких видов, как инфузории *Mesodinium pulex* (Cl. et Lachm., 1858) и *Marionecta rubra* (Lochmann, 1908). *Marionecta rubra* является видом-миксотрофом, способным вызвать «красное цветение» [Кренёва и др., 2005].

Таким образом, мониторинг состояния сообщества желетелого макрозоопланктона, важен для оценки текущего состояния морской экосистемы и прогноза возможных изменений в нем.

Сообщество желетелого макрозоопланктона Азовского моря изучалось в весной, летом и осенью 2012, летом 2013 и осенью 2014 г. Лов производился при помощи конусной сети ИКС-80 капроновой сети (мельничный газ № 15) с диаметром входного отверстия 80 см (площадь входного отверстия – 0,5 м^2), методом тотального лова дно-поверхность. В отдельных случаях (Бейсугский лиман), для лова гребневиков использовалась малая планктонная сеть Апштейна, через которую фильтровалось 100 л воды.

Всего за период исследований было проведено 30 результативных ловов в Азовском море, и 9 в Бейсугском лимане.

В период исследований желетелый макрозоопланктон в Азовском море был представлен тремя видами: ктенофорами *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865), *Beroe ovata* и медузой *Aurelia aurita* (L. 1758). При этом *A. aurita* была представлена единичными, отмеченными визуально экземплярами. В сетных пробах этот вид отсутствовал. Количественные характеристики сообщества желетелого макрозоопланктона приведены в таблице 1.

Таблица 1. Средняя, по исследованной акватории Азовского моря, биомасса желетелого макрозоопланктона в период исследования, г/м^3

Виды	2012 г.			2013 г.	2014 г.
	21.06–12.07	26.07–10.08	8–24.10	16–29.07	22–24.09
M. leidyi	9,45	30,11	70,2	36,18	3,72
B. ovata		0,16	0,14		8,37
Общий	9,45	30,27	70,34	36,18	12,03

В конце июня – первой декаде июля 2012 г. *M. leidyi* отмечался станциях в прикерченском районе (рис. 1). Общая биомасса *M. leidyi* на тех станциях, где он был отмечен, колебалась от 0,73 до 18,18 г/м^3. При этом в июне средняя биомасса составляла 1,57 г/м^3, а в июле увеличилась с до 17,34 г/м^3, за счет появления значительного количества молоди.

В августе 2012 г. *M. leidyi* отмечался на большей части акватории Азовского моря, а в прикерченском районе отмечался гребневик *Beroe ovata* Mayer, 1912. Граница распрстранения мнемиопсиса проходила в устьевой части Таганрогского залива (рис. 1). Биомасса *M. leidyi* колебалась от 17,12 до 69,00 г/м^3 увеличиваясь в восточной части моря и в западной части Таганрогского залива.

Биомасса *B. ovata* составляла 0,5 г/м^3. В районах, где присутствовал берое, мнемиопсис не отмечался.

Осенью – 8–24.10.2012 – в Азовском море и Керченском проливе отмечались два вида гребневиков *M. leidyi* и *B. ovata*. Границы их распространения указаны на рисунке 1.

Средняя биомасса мнемиопсиса росла по направлению от Керченского пролива к Таганрогскому заливу, давая резкий скачок численности в устьевой части залива.

В Таганрогском заливе, осенью 2012 г., биомасса распределялась следующим образом: северо-восточная часть – средняя биомасса 22,10 г/м^3; центральная часть – средняя биомаса 144, г/м^3; юго-западная часть – средняя биомасса 106,21 г/м^3. Максимальная биомасса наблюдается на границе юго-западной и центральной и собственно в центральной части залива. В северо-восточной части биомасса резко уменьшается. Суммарная средняя биомасса для средней и юго-западной части залива составила 125,22 г/м^3.

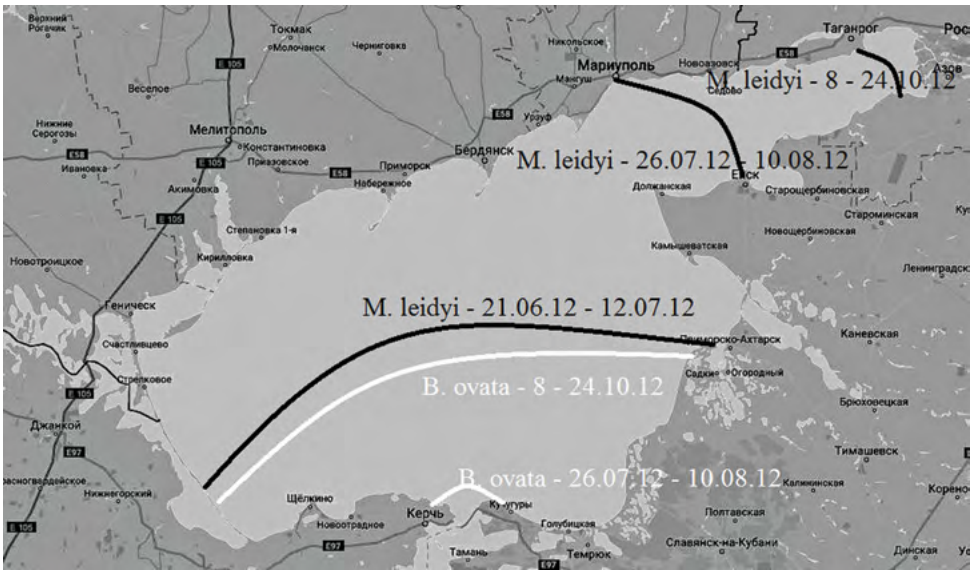


Рис. 1. Границы распространения ктенофор *M. leidyi* и *B. ovata* в Азовском море в разные периоды 2012 г.

B. ovata в октябре 2012 г. отмечался в Азовском море локально, но на тех станциях, где этот вид присутствовал, его средняя биомасса превосходила биомассу мнемиопсиса.

В июле 2013 г. в Азовском море биомасса *M. leidyi* колебалась от 4,0 до 77,88 г/м^3. При этом максимальные значения (48,25–77,88 г/м^3) наблюдались в центральной части моря, а минимальные (4,00 г/м^3) в устьевой части Таганрогского залива, низкими были также значения в прикерченском районе – 12,29 г/м^3.

В сентябре 2014 г., в Азовском море желетелый планктон был представлен двумя видами гребневиков *M. leidyi* и *B. ovata.* При этом мнемиопсис присутствовал только в пробах из центральной части Таганрогского залива, где он отмечался вместе с берое, а акватория моря была занята берое.

Оба вида ктенофор-вселенцев продолжают осваивать новые места обитания. Так, в ходе экспедиционных работ 4–12.08.14 оба вида гребневика были отмечены в Бейсугском лимане.

M. leidyi отмечался на большей части исследованной акватории лимана, *B. ovate* – на одной станции, в его кутовой части лимана.



Рис. 2. Границы распространения ктенофор *M. leidyi* и *B. ovata* в Азовском море в июле 2013 г.

Средняя биомасса мнемиопсиса составила 29,63, её колебания составили от 7,14 г/м^3 до 64,29 г/м^3. Минимальные значения отмечены в районе обнаружения берое. Для 2012–2014 гг. характерен поздний сценарий проникновения мнемиопсиса в Азовское море.

В 2012 г., несмотря на раннее начало размножения, проникновение мнемиопсиса в Азовское море, очевидно, началось в середине – конце июня, что подтверждается обнаружением в этот период в прикерченском районе относительно крупных половозрелых особей. К первой половине августа мнемиопсис освоил всё море и западную часть Таганрогского залива, а через Керченский пролив начал проникать берое.

К началу октября на большей части акватории моря биомасса мнемиопсиса сильно упала, оставаясь высокой только в Таганрогском заливе и прилегающей части моря. Берое в этот район в 2012 г. не проник.

Распределение биомасс мнемиопсиса по акватории Азовского моря, характерное для осени 2012 г., наблюдалось до этого и в 2007–2008 гг. Так, в октябре 2007 и 2008 гг. наибольшие показатели численности и объема гребневика-мнемиопсиса отмечались в Таганрогском заливе и прилегающей к нему акватории, а также (в октябре 2008 г.) в северо-западной части моря, в районе Арабатской стрелки.

Значения биомассы мнемиопсиса, полученные для центральной и юго-западной части Таганрогского залива, близки к максимальным за период 2003–2008 гг. Картина распределения биомассы по акватории залива характерна и для предыдущих лет. Максимальное развитие мнемиопсиса в эти годы также наблюдалось в юго-западной и центральной части залива [Поважный, 2009].

В 2014 году, во второй половине сентября, оба вида ктенофор освоили всю акваторию Азовского моря, включая центральную часть Таганрогского залива, что указывает на более ранний заход берое, чем в 2012–2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аннинский Б.Е. *Эколого-физиологические особенности медузы Aurelia aurita* (L. 1758) *в условиях Чёрного моря:* автореф. дис. … канд. биол. наук. Севастополь, 1989. 20 с.

Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина Э.А. *Экосистема Чёрного моря*. М.: Наука, 1992.

Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Булгакова Ю.В., Серобаба И.И. Выедание зоопланктона мнемиопсисом и пелагическими рыбами в Чёрном море // *Океанология*. 1995. Т. 35. № 4. С. 569–574.

Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Анохина Л.Л. и др. Массовое развитие гребневика *Beroe ovata Eschsoltz* в районе северо-восточного побережья Чёрного моря // *Океанология*. 2000. Т. 40. № 1. С. 52–55.

Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Виноградов Г.М. и др. Мониторинг пелагических сообществ северо-восточной части Чёрного моря в 2004 г.: макро- и мезопланктон // *Океанология*. 2005. Т. 45. № 3. С. 381–392.

Гребневик Mnemiopsis leidyi (A. Agassiz) в Азовском и Чёрном морях / под ред. С.П. Воловика. Ростов н/Д: БКИ, 2000. 500 с.

Поважный В.В. Моисеев Д.В. Современное состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* (*A. Adassiz*) в Таганрогском заливе // *Экосистемные исследования Азовского, Чёрного, Каспийского морей*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. Т. VIII. С. 132–141.

Кренёва К.В., Поважный В.В., Саяпин В.В., Свистунова Л.Д., Ясакова О.Н. *Распределение планктона по Акватории Азовского моря в июне 2005 г.* // Материалы конф. молодых учёных (г. Мурманск, 11 мая 2006 г.). Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2006. С. 62–72.

Поважный В.В. *Особенности функционирования зоопланктоного сообщества Таганрогского залива Азовского моря*: дис. … канд. биол. наук. Мурманск, 2009. С. 86–99.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР ФАУНЫ КОЛОВРАТОК АЗОВСКОГО МОРЯ

Л.Д. Свистунова

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
lds@ssc-ras.ru

Азовское море в историческом аспекте гидробиологических исследований является одним из наиболее изученных морей юга России. Однако в отношении уточнения состава фауны зоопланктона остается еще достаточно много не решенных вопросов. В зоопланктоне Азовского моря ведущая роль принадлежит веслоногим рачкам и коловраткам, так по многолетним исследованиям ранней весной от 50 до 90 % всего зоопланктона составляют коловратки [Мордухай-Болтовской, 1938; Пицык, Новожилова, 1951 и др.]. Коловратки уже давно признаны одним из важнейших компонентов пресноводных и морских экосистем, но информация по их экологии и распределению по-прежнему ограничена [Wallace et al., 2006]. Это связано с их фенотипической пластичностью и как следствие – трудностью идентификации, а также недостаточностью надёжных биографических исследований [Segers, 2008].

Первые сведения по фауне планктонных коловраток Азовского моря были приведены в работе С.А. Зернова «Результаты зоологической экскурсии по Азовскому морю на пароходе «Ледокол Донских гирл» [Зернов, 1901]. Но эта работа характеризовала лишь весеннее состояние планктона за весьма короткий период с 10 по 20 мая. С 1922 по 1927 г. в Азовском море работала научно-промысловая экспедиция Н.М. Книповича. Зоопланктон был обработан Н.Л. Чугуновым и опубликован Н.М. Книповичем [Книпович, 1932] в V выпуске трудов этой экспедиции, где дана краткая характеристика зоопланктона и его распределение во времени и пространстве, с отметкой отдельных видов коловраток. В работе Е.Н. Куделиной [Куделина, 1930] по лиманам дельты Кубани представлен обширный список зоопланктона с указанием некоторых наблюдавшихся там экологических условий. Позже краткие эколого-биологические характеристики коловраток были получены во время экспедиции по Азовскому морю с 17 июня по 6 ноября 1931 г. на п/м судне «Данилевский» [Долгопольская и Паули, 1964]. По сборам этой экспедиции было указано шесть форм планктонных коловраток: *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Hexarhtra oxyuris* (Zernov, 1903) *(pro Pedalia oxyuris), Brachionus mülleri Ehrenberg var. maeotica n. v, Brachionus bakeri* Mull. *Var. hyphalmyros* Tschug., *Rattulus caspicus* Tschug.(?), и виды р. Synchaeta. Как отмечает автор, *A. priodonta*, форма, известная главным образом для пресных вод, была встречена в основном в Таганрогском заливе, но отдельные экземпляры ее выносились в Азовское море при сгонных ветрах. *H. oxyuris, R. caspicus* и представители р. Brachionus обнаружены были преимущественно в заливах и лиманах. Коловратки р. Synhaeta были найдены в единичных экземплярах, что не позволяло дать полной уверенности в точности определения до вида. Наиболее полные материалы видового состава и таксономический обзор фауны коловраток Азовского моря были представлены в работе Н.М. Книповича. В 1960 г. вышла работа Ф.Д. Мордухай-Болтовского [Мордухай-Болтовской, 1960], где был представлен список 25 видов коловраток Азовского моря, где автор также указывает на то, что это не достаточно полные сведения. Многолетние гидробиологические исследования Азовского моря с 1930 г. проводились сотрудниками АзНИИРХ. Однако основная направленность этих работ состояла в определении и учете зоопланктона как кормового объекта промысловых рыб. Учет коловраток осуществлялся в сетных пробах мезозоопланктона, определялись таксономический состав, численность и биомасса [Студеникина и др., 2012].

Исследования планктонных коловраток Азовского моря и Таганрогского залива проводились ИАЗ ЮНЦ РАН в 2004–2014 гг. [Свистунова, 2009 и др.] в весенние, летние и осенние сезоны. Впервые был собран материал по планктонным коловраткам в зимний период

в центральной части Азовского моря и Таганрогском заливе. Для оценки современного состояния структуры сообщества планктонных коловраток Азовского моря использовалась методика осадочного сбора проб. Это позволило наиболее полно и достоверно выявить коловраток наименьших размерных классов (до 200 мкм), относящихся к микрозоопланктону, а также мягкотелых форм.

В наших исследованиях коловраток периода 2004–2014 гг. относительно наиболее полного списка видов, приведенных в работах [Гидрологический справочник … 1937; Мордухай-Болтовской, 1960] был отмечен еще 41 вид (табл. 1).

Таблица 1. Обзор фауны коловраток Азовского моря и Таганрогского залива

	Виды и формы	Керченский пролив	Открытая часть Азовского моря	Таганрогский залив
1	2	3	4	5
	Тип **Rotifera**			
	Класс **Eurotatoria**			
	Надотряд **Pseudotrocha**			
	Отряд **Transversiramida**			
	Подотряд **Brachionina**			
	Семейство **Brachionidae**			
1.	*Brachionus angularis* Gosse, 1851		2	2, 9
2.	*Brachionus asplanchnoideis* Charin, 1947		5	
3.	*Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766			1, 4, 2, 9
5.	*Brachionus diversicornis* (Daday,1883)			9
6.	*Brachionus plicatilis* Müller, 1786		2, 7, 9	9
7.	*Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783	1, 2, 4, 6, 7, 9	4, 6, 7, 9	2, 4, 6, 7, 9
8.	*Brachionus urceus* (Linnaeus, 1758)			9
9.	*Brachionus rubens* Ehrenberg, 1838			5
10.	*Brachionus variabilis* Hempel, 1896			9
11.	*Brachionus forficula* Wierzejski, 1891			9
12.	*Keratella cochlearis* (Gosse, 1851)		9	1, 2, 5, 7, 9
13.	*Keratella c. var.macracantha* (Lauter, 1898)		9	
14.	*Keratella quadrata* (Müller,1786)	9	9	1, 2, 4, 7, 9
15.	*Keratella tropica* (Apstein, 1907)	9	9	9
16.	*Keratella valga* Ehrenberg, 1834		9	9
17.	*Kellicottia longispina* (Kell, 1879)			9
18.	*Notholca acuminata* (Ehrenberg, 1832)		2	2, 9
19.	*Notholca squamula* (Müller, 1786)	9	2, 9	2, 9
	Надотряд **Gnesiotrocha**			
	Отряд **Monimotrochida**			
	Семейство **Floscullariidae**			
20.	Floscularia sp.			7
	Семейство **Euchlanidae**			
21.	*Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832			2, 6, 7, 9
22.	*Euchlanis callysta* Myers, 1930			9
	Подотряд **Epiphanina**			
	Семейство **Lecanidae**			
23.	*Lecane lamellata* (Daday, 1893)			9
24.	*Lecane luna* (O.F. Müller,1776)			9
25.	*Lecane grandis* (Murray, 1913)		9	
26	*Lecane (Monostyla)lamellata*)(Daday,1893)		2	2
	Lecane bula		9	
	Подотряд **Mytilinina**			
	Семейство **Trichotriidae**			
28.	*Trichotria pocilum* (Müller, 1776)			19
29.	*Trichotria truncata* (Whitelegge,1889)			9
	Семейство **Colurellidae**			
30.	*Colurella adriatica* Ehrenberg, 1831	9	5, 9	9
31.	*Lepadella (Lepadella) patella* (Müller, 1773)	9		

Окончание таблицы 1

	Виды и формы	Керченский пролив	Открытая часть Азовского моря	Таганрогский залив
	Отряд **Saltiramida**			
	Семейство **Asplanchnidae**			
32.	*Asplanchna priodonta* Gosse, 1850		1, 9	1, 2, 4, 7, 6, 8, 9
33.	*Asplanchna brightwelli* Gosse, 1850			5
	Семейство **Trichocercidae**			
34.	*Trichocerca rattus rattus*(Müller,1776)			9
35.	*Trichocerca marina marina* (Daday, 1890)		4, 9	9
36.	*Trichocerca caspica* (Tschugunoff, 1921)	7	5, 7, 9	5
37.	*Trichocerca capucina* (Wier.&Zach.,1893)			9
38.	*Trichocerca cyllindrica* (Imhof, 1891)			9
39.	*Trichocerca similis* (Wierzejski, 1893)			9
40.	*Trichocerca sp.*			9
41.	*Trichocerca (s. str.)stylata* (Gosse, 1851)			7
42.	*Trichocerca pusilla* (Jennings, 1903)			9
	Семейство **Eosphoridae**			
43.	*Eosphora ehrenbergi* Weber, 1918	9	9	
	Подотряд **Ploesomina**			
	Семейство **Synchaetidae**			
44.	*Synchaeta baltica* Ehrenberg, 1834	3, 9	3, 4, 9	9
45.	*Synchaeta vorax* Rousselet, 1902	4, 9	3, 4, 9	3, 4, 9
46.	*Synchaeta littoralis* Rousselet, 1902		5	5
47.	*Synchaeta neapolitana* Roussele, 1902	9	9	
48.	*Synchaeta curvata* Lie-Pettersen, 1900		9	9
49.	*Synchaeta tavina* Hood, 1893		5, 9	
50.	*Synchaeta sp.*		9	8,
50.	*Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925	9	9	1, 4, 2, 7, 9
51.	*Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943			9
52	*Polyarthra remata* Skorikov, 1896			9
53.	*Polyarthra trigla* Ehrb.			1
	Platyias quadricornis	9	9	
54.	*Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891)			9
	Надотряд **Gnesiotrocha**			
	Отряд **Protoramida**			
	Подотряд **Flosculariina**			
	Семейство **Testudinellidae**			
55.	*Testudinella patina* (Hermann, 1783)		3	3,9
56.	*Testudinella sp.*		4, 6, 7	
	Testudinella clypeata (O.F. Müller)		9	2, 9
	Семейство **Filiniidae**			
57.	*Filinia brachiata* (Rousselet, 1901)			9
58.	*Filinia cornuta cornuta* (Weisse, 1847)			9
59.	*Filinia longiseta longisetta* (Ehrenberg, 1834)			1, 2, 7, 9
	Семейство **Hexarthridae**			
60.	*Hexarthra fennica* (Levander, 1892)	9	2, 9	2, 9
61.	*Hexarthra oxyuris* (Zernov, 1903)		2, 6, 7, 9	2, 6, 7, 9
	Всего	15	32	55

Примечание: цифры, указанные в графах таблицы, означают литературные источники в данном районе Азовского моря: *1* – [Зернов, 1901]; *2* – [Куделина, 1930]; *3* – [Книпович, 1932]; *4* – [Чугунов, 1932]; *5* – [Харин, 1951]; *6* – [Мордухай-Болтовской, 1960]; *7* – [Долгопольская, Паули, 1964]; *8* – [Студеникина, 2012]; *9* – [Свистунова, 2009].

Из которых, в Керченском проливе – 9 видов: *Keratella tropica* (Apst.), *Colurella adriatica* Ehr., *Notholca squamula* (Müll.), *Eosphora ehrenbergi* Web., *Lepadella patella* (Müll., *Synchaeta neapolitana* Rouss., *Polyarthra dolichoptera* Idel., *Hexarthra fennica* (Lev.). В открытой части Азовского моря – 12 видов: *Keratella cochlearis var.macracantha* (Laut.), *Keratella tropica* (Apst.), *Keratella valga* Ehr., *Keratella cochlearis Goss., Keratella quadrata* (Müll.), *Lecane grandis* (Murr.), *Eosphora ehrenbergi* Web., *Synchaeta neapolitana* Rouss., *Synchaeta curvata* Lie-Pett., *Synchaeta sp.*, *Polyarthra dolichoptera* Idel., *Testudinella clypeata* (O.F. Müll.). В Таганрогском заливе – 28 видов: *Brachionus c. anuraeiformis* Breh., *Brachionus variabilis* Hemp., *Brachionus diversicornis* (Dad.), *Brachionus plicatilis* Müll., *Brachionus urceus* (Linn.), *Brachionus rubens* Ehr., *Brachionus forficula* Wier., *Keratella tropica* (Apst.), *Keratella valga* Ehr., *Kellicottia longispina* (Kell.), *Euchlanis callysta* Myer., *Lecane lamellata* (Dad.), *Lecane luna* (O.F. Müll.), *Trichotria truncata* (Whit.), *Lecane luna* (O.F. Müll.), *Trichocerca rattus* (Müll.), *Trichocerca marina* (Dad.), *Trichocerca capucina* (Wier. Zach.), *Trichocerca similis* (Wier.), *Trichocerca cyllindrica,* (Imhof, 1891), *Trichocerca sp. Trichocerca pusilla* (Jenn.), *Eosphora ehrenbergi* Web., *Synchaeta baltica* Ehr., *Synchaeta curvata* Lie-Pett., *Polyarthra vulgaris* Carl., *Polyarthra remata* Skor., *Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891), *Filinia brachiata* (Rouss.), *Filinia cornuta* (Weiss.).

Из приведенного списка в Керченском проливе нами не было обнаружено 2 вида: *Brachionus angularis* Goss., *Trichocerca caspica* (Tsch.). В открытой части Азовского моря 6 видов: *Brachionus angularis* Goss., *Brachionus asplanchnoideis* Char., *Notholca acuminata* (Ehr.), *Lecane lamellata* (Dad.), *Synchaeta littoralis* Rous., *Testudinella patina* (Herm.). В Таганрогском заливе 10 видов: *Brachionus calyciflorus* Pall., *Brachionus rubens Ehr., Floscularia* sp., *Lecane lamellata* (Dad.), *Asplanchna brightwelli* Goss., *Trichocerca caspica* (Tsch.), *Trichocerca stylata* (Goss.), *Synchaeta littoralis* Rouss., Synchaeta sp., *Polyarthra trigla* Ehrb.

Видовой состав планктонных коловраток Керченского пролива, Азовского моря и Таганрогского залива за весь период исследования насчитывает 61 вид, из которых нами был дополнен 41 вид, не обнаружено 18 видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрологический справочник морей СССР. Азовское море / под ред. Н.М. Книповича и Г.П. Брегмана Л.–М., 1937. Т. III. Вып. 2.

Долгопольская М.А., Паули В.Л. Планктон Азовского моря // *Тр. Севастопольской биол. станции.* 1964. Т. 15. С. 118–137.

Зернов С.А. Планктон Азовского моря и его лиманов // *Ежег. Зоол. музея Акад. наук.* 1901. С. 559–584.

Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Азовском море // *Тр. Азовско-Черноморск. научн.-промысл. экспед.* Крымиздат, 1932. Вып. 5. 496 с.

Куделина Е.Н. Зоопланктон приазовских лиманов р. Кубани // *Тр. Аз.-Черн. науч.-рыбохоз. ст.* 1930. Вып. 7. С. 19.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. К изучению планктона Азовского моря // *Тр. Рост. обл. биол. общ-ва.* 1938. Вып. 2. С. 173–180.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. *Каталог фауны свободноживущих беспозвоночных Азовского моря*. Т. XXXIX. Вып. 10. 1960.

Пицык Г.К. и Новожилова А.Н. О динамике зоопланктона Азовского моря // *Тр. АзЧерНИРО*. 1951. Вып. 15. С. 281–297.

Свистунова Л.Д. Таксономическая структура и количественное развитие планктонных коловраток в Азовском море и Таганрогском заливе в 2008 г. // *Геология, география и экология океана: мат-лы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Д.Г. Панова* (г. Ростов-на-Дону, 8–11 июня 2009 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 311–314.

Студеникина Е.И., Мирзоян З.А., Сафронова Л.М., Фроленко Л.Н., Мартынюк М.Л. Толоковникова Л.И. Характеристика биологических сообществ Азовского моря по результатам исследований 2010–2011 гг. // *Осн. пробл. рыбн. хоз-ва и охраны рыбохоз. водоемов Азово-Черномор. бас. (2010–2011 гг.)*: сб. науч. тр. АзНИИРХ. Ростов н/Д, 2012. С. 253–271.

Харин Н.Н. Зообентос и зоопланктон кубанских лиманов и их изменения при опреснении лиманов // *Тр. АзЧерНИРО.* Вып. 15. 1951. С. 25–49.

Чугунов Н. Л. Предварительные исследования продуктивности Азовского моря // *Тр. Азовско-Черноморск. научн.-промысл. эксп.* Вып. 1. 1926.

Segers H. Global diversity of rotifers (Rotifeta) in freshwater. *Hydrobiologia*. 2008. 595: 49–59.

Wallace L.R., Snell T.W., Ricci C.C.& T. Nogrady. 2006 Rotifera. Vol. 1: *Biology, Ecology and Systematics* (2nd ed.). Backhuys Publishers–Leiden: 299 p.

АДВЕНТИВНЫЕ ВИДЫ КАЗАНТИПСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.Ю. Семенова, С.В. Малько, В.Э. Пашаян

Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия
selivan_anna@mail.ru

Проблема биологических вселенцев в последние десятилетия приобретает все большее значение. Вселение и распространение адвентивных видов рассматривается как серьезная угроза устойчивости экосистем.

Особую ценность и научно-экологический интерес представляет заповедный фонд Республики Крым, который имеет эталонно-научное значение. Основной деятельностью Казантипского природного заповедника является сохранение уникального степного природного комплекса Казантипского полуострова и комплекса морских прибрежных биогеоценозов, имеющих большую научную, эстетическую и природоохранную ценность, и изучение в них природных процессов и явлений.

Вопросы, связанные с внесением адвентивных видов, имеют исключительно важное социально-экономическое и экологическое значение как для Казантипского полуострова, так и для Крыма в целом. Это связано с тем, что число случаев возникновения кризисных экологических ситуаций, вызванных инвазиями адвентивных видов, постоянно растет. Поэтому такого рода исследования являются актуальными и имеют практическое значение.

Цель работы – провести анализ адвентивной флоры и оценить ее влияние на биогеоценотические связи в условиях Казантипского природного заповедника.

Материал и методика. Определение растений проводили, используя определитель высших растений средней полосы европейской части СССР [Губанов, 1981]. Составление конспекта и определение статуса видов адвентивной фракции флоры Крыма выполнено на основе анализа списков В.Н. Голубева [Голубев, 1996], С.К. Кожевниковой, Н.И. Рубцова [Кожевникова, Рубцов, 1971], А.В. Ены [Ена, 2012], обработки доступных нам публикаций, материалов, предоставленных заведующей научным сектором Казантипского природного заповедника Лагуновой Н.А. и результатов собственных полевых исследований.

Индекс адвентизации рассчитывается из соотношения количества заносных видов к общему числу видов флоры.

Результаты и обсуждения. Адвентивный элемент флоры Крыма рассматривался как важный, динамический компонент, который во многих публикациях [Багрикова, 2010; Багрикова, 2011; Бурда, 1991; Голубев, 1996; Ена, 2012; Кожевникова, 1971] определяется как совокупность видов, появившиеся не в процессе естественного флорогенеза, а является результатом прямого или опосредованного влияния человека.

Проведенная инвентаризация показала, что растительный покров Казантипского природного заповедника, благодаря существованию различных форм рельефа, отличается значительным разнообразием: здесь представлена степная, галофитная, прибрежно-водная, петрофитная, синантропная и другие типы растительности [Багрикова, 2010; Багрикова, 2011].

Известно, что адвентивная фракция – часть современной флоры любой территории, она состоит из видов, несвойственных местному растительному сообществу, появление которых обусловлено прямой или опосредованной антропогенной деятельностью и не связано с природным течением флорогенеза.

До 1990-х гг. прошлого столетия, в растительности Крыма насчитывалось не более 217 адвентивных видов, что составляло 7,9 % от всей флоры полуострова [Голубев, 1996]. По данным специалистов Никитского ботанического сада, к адвентивным видам можно отнести неменее 363 единиц [Багрикова, 2010].

Флора Казантипского природного заповедника имеет переходный характер от типичной средиземноморской к бореальной, при высоком содержании Евроазиатского степного элемента [Багрикова, 2011]. Несмотря на то, что площадь заповедника очень мала (450 га, из них 56 га акватории), на мысе Казантип, включая заповедную зону и урочище Котловина, зарегистрировано 617 видов сосудистых растений, относящихся к 71 семейству.

Исследования, направленные на изучении эндемизма, адвентивного элемента Республики Крым позволяют пересмотреть современное состояние флоры заповедника. Что касается адвентизации растительных сообществ, то по сравнению с данными до 1996 г. [Голубев, 1996], флора Крыма в настоящее время содержит не менее 368 адвентивных видов, в том числе 78 археофитов и 290 кенофитов. В среднем индекс адвентизации для полуострова составляет около 13 %, тогда как для наиболее преобразованных агроландшафтов степного Крыма – не менее 19 %, а для заповедных территорий Горного Крыма, в частности Крымского природного заповедника достигает 7 %, Карадагского природного заповедника – более 9 % (табл.1).

Таблица 1. Индексы адвентизации в Крымских природных заповедниках

Источники информации	Заповедники				Флора Крыма
	ОПЗ	КазПЗ	КарПЗ	КрПЗ	
Индексы адвентизации, взятые из литературных источников [Багрикова, 2011]	6/1,3	12/1,9	47/4,0	31/2,3	217/7,8
Индексы адвентизации, полученные в результате собственных расчетов	24/5,3	64/10,3	112/9,6	72/6,1	368/13,1

Примечание: ОПЗ – Опукский природный заповедник, КазПЗ – Казантипский природный заповедник, КарПЗ – Карадагский природный заповедник, КрПЗ – Крымский природный заповедник. В числителе указано количество видов, в знаменателе – доля видов (в %).

Во флоре же Казантипского природного заповедника отмечается 64 адвентивных вида. Индекс адвентизации, равен – 10,3 %. По сравнению с другими степными заповедниками России, в которых на антропофиты приходится от 7 % до 23 %, флора Казантипского природного заповедника отличается средним показателем адвентизации [Багрикова, 2011].

Некоторое увеличение индекса адвентизации на мысе Казантип, на фоне данных других заповедников Крыма, обусловлено включением в состав флоры заповедника видов, произрастающих в урочище Котловина, где многие годы выращивались зерновые, бахчевые культуры, кроме того, в последнее время здесь находится действующий нефтедобывающий комплекс. Близость населенных пунктов, также способствовала трансформации растительных сообществ. Так, растительный покров нарушался в результате использования территории в качестве пастбищ, а также под влиянием стихийных рекреантов, отдыхающих в бухтах.

В адвентивной фракции флоры Казантипского природного заповедника около 63 % (40 видов) приходится на археофиты, около 40 % (23 вида) на кенофиты, при том, что во флоре Крыма археофиты представлены 78 видами – 21 %, а кенофиты 260 видами – 70,7 %. В результате анализа распределения заносных видов по первичному ареалу (происхождению), на территории Казантипского природного заповедника отмечено значительное количество видов средиземноморского происхождения – 25,0 %, что свойственно растительности Республики Крым в целом (36,4 %). Выявлено так же увеличение доли видов средиземноморско-ирано-туранского происхождения – 18,7 %, по сравнению с 6 % во флоре Республики Крым.

Доля видов азиатского мигроэлемента во флоре Казантипского природного заповедника составляет 10,9 %, а для Крыма –16,8 %. Участие видов ирано-туранского происхождения составляет 14,1 %. Отличительной особенностью является присутствие в адвентивной фракции Казантипского природного заповедника видов северо- и южноамериканского происхождения. Их распространение на территории заповедника в основном связано с ведением сельскохозяйственной деятельности в урочище Котловина.

Постоянно усиливающиеся процессы воздействия человека на заповедные природно-территориальные комплексы на фоне глобальной денатурализации ландшафтов приводит, в частности, к изменению флористических комплексов заповедника.

Для сохранения как биологического разнообразия, так и разнообразия природно-территориальных комплексов и поддержания их эволюционного потенциала необходимо сохранять относительное постоянство экологических условий, в которых они проявляются. Денатурализация природных комплексов приводит, как правило, к упрощению таких условий, а, следовательно, отрицательно сказывается на устойчивости экосистем.

Уничтожение растительного покрова в результате выпаса скота на псаммофитных степях приводит, на отдельных участках к глубоким и быстрым их изменениям, в частности, это вызывает подвижность субстрата и трансформацию данного экофитона в псаммофитон. Травостой становится изреженным, дерновинные злаки из него выпадают, на их место внедряются синантропофанты.

На участках петрофитных степей с каменисто-щебнистыми почвами могут усилиться происходящие здесь эрозионные процессы, что расширит обнажения известняков и увеличит площади осыпей. Кроме того, здесь могут проявиться и последствия рекреационных перегрузок, результатом чего станет снижение биологического разнообразия как растительного, так и животного мира.

Адвентивные виды, обладая высокой экологической пластичностью, попадая в новую экосистему, могут существенно изменять биотопы аборигенных видов, оказывать биотическое влияние посредствам конкуренции, аллелопатии и вытеснять их из своего ареала обитания. Это может приводить к необратимым экологическим последствиям: снижению устойчивости экосистем, их деградации. Кроме того, ряд карантинных видов может причинить вред здоровью населения. Таким образом, проблема инвазий таких видов становится важнейшей в плане обеспечения экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багрикова Н.А. *Адвентивные виды в сегетальных сообществах Крыма*. 2010. 237 с.

Багрикова Н.А. *Анализ адвентивной фракции флоры природных заповедников Керченского полуострова Крым*. 2011. 93 с.

Бурда Р.И. *Антропогенная трансформация флоры*. К.: Наукова думка, 1991. 168 с.

Голубев В.Н. *Биологическая флора Крыма* / 2-е изд. Ялта, 1996. 125 с.

Губанов И.А., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. *Определитель высших растений средней полосы европейской части СССР*. М.: Наука, 1981. 285 с.

Ена А.В. *Природная флора Крымского полуострова*. Симферополь: Н. Оріанда, 2012. 232 с.

Кожевникова С.К., Рубцов Н.И. Опыт биоэкологического и географического анализа адвентивной флоры Крыма // *Труды Государственного Никитского ботанического сада*. 1971. Т. 54. С. 5–93.

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АКТИНОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Н.С. Серюкова, Е.В. Хархун, А.В. Полякова

Южный федеральный университет
г. Ростов-на-Дону, Россия

Одной из основных проблем медицины начала XXI века остаются инфекционные заболевания, занимающие лидирующее место в патологии человека. По данным мировой статистики, за год от инфекций погибает более 22 миллионов больных [Треножникова, 2007].

В настоящее время поиск новых лекарственных средств против патогенных микроорганизмов, устойчивых ко многим известным препаратам, является острой необходимостью. Актиномицеты выделяют во внешнюю среду различные продукты своего метаболизма, в том числе и антибиотики [Егоров, 2004]. Они могут обладать бактериостатическим или бактериолитическим, а также фунгицидным и гербицидным действием. Поэтому целью настоящей работы было исследование антагонистической активности актиномицетов, выделенных из почв г. Ростова-на-Дону, по отношению к бактериальным тест-культурам.

В работе были использованы 28 штаммов бактерий, относящихсяк порядку *Actinomycetale*s, выделенные ранее из почв г. Ростова-на-Дону. Для определения антибиотической активности в качестве тест-организмов использованы бактерии: *Escherichia coli 25922*, *Bacillus subtilis 6633*, *Pseudomonas chlororaphis subsp. aureofaciens*. Проверку антагонистической активности проводили методом агаровых блоков: антагониста высевали на минеральный агар в чашку Петри. После того как антагонист вырастал, пробочным сверлом вырезали агаровые блоки (диаметром 6 мм) из колоний антагониста и переносили их на поверхность другой агаровой пластинки, предварительно засеянной одним из тест-организмов. Чашки с агаровыми блоками помещали в термостат при температуре оптимальной для развития тест-культуры. Если выделяемый актиномицетом антибиотик подавлял рост тест-микроба, то вокруг агарового блока образовывалась зона отсутствия роста. Зоны отсутствия и подавления роста тест-культур от блока до начала роста измеряли в миллиметрах [Практикум по микробиологии, 2005].

Анализ данных показывает, что степень антибактериальной активности штаммов актиномицетов по отношению к исследуемым тест-организмам была разной. В результате проведенного исследования выявлены штаммы актиномицетов, подавляющие бактериальный рост, так штаммы № 7, 17 и 19 проявляли ингибирующее действие только в отношении грамположительной культуры *Bacillus subtilis 6633*. Штаммы под номерами 13 и 23 подавляли рост всех трех тест-культур. При этом следует отметить, что зоны отсутствия роста достигали 42 мм (табл. 1). Именно эти два штамма могут быть перспективными для дальнейшего исследования.

Таким образом, на основе полученных данных можно сделать вывод, что исследуемые штаммы актиномицетов характеризовались разным уровнем антагонистической активности, проявляемой в большей степени в отношении грамположительных бактерий.

Таблица 1. Антагонистическая активность актиномицетов

Номер штамма актиномицета	*Escherichia coli* 25922	*Bacillus subtilis* 6633	*Pseudomonas chlororaphis subsp. aureofaciens*
1	+43	19	10
2	+15	0	10
3	+13	7	0
4	+18	0	0
5	0	22	20
6	26	14*	0
7	0	16*	0
8	0	22*	16
9	13	25*	0
10	26	17*	0
11	17	18	0
12	34	25	0
13	16	17	42
14	12	0	0
15	7	19	0
16	28	14	0
17	0	15	0
18	+20	0	29
19	0	16	0
20	+28	28	32
21	+21	0	0
22	+13	19	0
23	25	18*	42
24	+13	17	19
25	+27	15*	10
26	+17	0	9
27	25*	16	0
28	+20	0	0

Примечание: «*» – зона подавленного роста; «+» – усиление роста тест-культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Егоров Н.С. *Основы учения об антибиотиках*: учебник 6-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2004. 528 с.
Практикум по микробиологии / под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. 602 с.
Треножникова Л.П. Изучение условий выделения антибиотиков, активных против метициллинорезистентных стафилококков с множественной лекарственной устойчивостью, из актиномицетов почв Казахстана // *Известия НАН РК. Сер. Биологическая*. 2007. № 6. С. 60–65.

ГЕОГРАФИЯ, ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЮГА РОССИИ

П.В. Сидаренко[1], Д.П. Сидаренко[2]

[1] «Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова» филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Россия
sidarenko1949@mail.ru
[2] Департамент лесного хозяйства по ЮФО, г. Ростов-на-Дону, Россия

Сохранение и устойчивое развитие лесных экосистем на территории Южного федерального округа, обеспечивает «здоровый и негорящий лес» с отрицательной пирогенной динамикой. Горимость лесов характеризуется количеством лесных пожаров и площадью их распространения в связи с природой леса, погодными условиями, деятельностью человека и уровнем организации охраны лесов от пожаров [Иванова, 2005, Щетинский, 2011; Сидаренко, 2014]. Пожарную опасность в лесах Южного федерального округа в течение последних 10 лет изучают ученые, аспиранты и магистранты Новочеркасской государственной мелиоративной академии (ныне НИМИ им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»). В результате их исследований [Иванова, 2005; Сидаренко, Рубежанский, 2015] установлена тесная связь горимости лесов с деятельностью человека, в первую очередь, высокой рекреационной нагрузкой, природными условиями (тип леса), условиями погоды и организацией охраны лесов. В меньшей мере пожарная опасность связана с конкретными периодами года. Загорание лесов и лесные пожары в различных природных зонах региона (полупустынной, степной, лесостепной, лесной и субтропической) возникают в феврале, марте, летом, осенью и в третьей декаде декабря. После опадения листьев в период сухой и жаркой погоды горимость лесов возрастает. Целью данных исследований явилось изучение влияния природных условий и организации охраны лесов на географию и динамику лесных пожаров на Юге России.

Горимость леса характеризуется количеством лесных пожаров и пройденной ими лесной площади и определяется следующими основными факторами: степенью природной пожарной опасности лесных площадей; погодными условиями и источниками огня, а также уровнем организации службы охраны лесов от пожаров. В практике лесного хозяйства выделяют фактическую и относительную горимость. Первая определяется количеством лесных пожаров и пройденной огнем площади на землях лесного фонда. Относительная горимость определяется отношением площади, пройденной лесными пожарами, к лесной площади субъекта [Щетинский, 2011].

Горимость лесов изменяется в течение пожароопасного сезона и зависит от типа леса. С учетом особенностей горимости различных участков леса разработаны шкалы оценки уровня пожарной опасности различных насаждений.

Наиболее пожароопасными являются светлохвойные насаждения сосны и лиственницы, а также заросли кедрового стальника с лишайниковым покровом. Строение полога этих насаждений способствует быстрому высыханию лишайников, которые легко воспламеняются. Высокая горимость хвойных лесов определяется наличием смол и эфирных масел в горючем материале [Сидаренко, 2014]. Сведения о горимости лесов в Южном федеральном округе приведены в таблице 1.

Распространению лесных пожаров на территории Волгоградской и Ростовской областей способствуют: погодно-климатические условия территории; наличие искусственных массивов хвойных насаждений, имеющих высокую степень пожарной опасности; снижение

интенсивности хозяйственной деятельности в лесном фонде и на прилегающей территории, приводящее к накоплению горючих материалов; высокая рекреационная нагрузка на лесной фонд; удаленность части лесных массивов от мест базирования пожарной техники.

По данным таблицы 1 количество пожаров в Волгоградской области в среднем за период 2009–2013 гг. составило 56,8 в Ростовской области 32,6. Ниже этот показатель в Краснодарском крае – 12,6, это при том, что в Краснодарском крае, созданы значительные площади хвойных лесов и наблюдается высокая рекреационная нагрузка (более 7 млн чел. в год).

Таблица 1. Сведения о количестве и площади лесных пожаров на землях лесного фонда субъектов Российской Федерации ЮФО за период с 2007 по 2014 г.

Название субъекта Российской Федерации	Среднее за 2007–2011 гг.		2012 г.		Среднее за 2009–2013 гг.		Среднее за 2007–2014 гг.	
	Кол-во случаев	Площадь, га	Кол-во случаев	Площадь, га	Кол-во случаев	Площадь, га	Кол-во случаев	Площадь, га
Республика Адыгея	4,20	31,44	0	0	4,20	32,10	23	163,70
Республика Калмыкия	2,00	31,28	0	0	0,60	10,02	17	252,70
Краснодарский край	44,40	216,23	5,00	4,00	12,60	82,39	243	1126,41
Астраханская область	5,00	50,10	0	0	4,60	45,96	28	272,80
Волгоградская область	95,60	1707,27	17,00	69,12	56,80	1196,2	521	8708,17
Ростовская область	56,00	1693,73	27,00	143,92	32,60	992,59	330	8964,64
Итого по ЮФО	207,20	3729,97	49,00	217,04	111,40	2359,60	1158	19488,02

Известно, что возникновение лесных пожаров связанно с условиями погоды – сильной засухой и ветрами. В 1990-х гг. в центральных областях Европейской части России – Поволжье и на Дону леса были подвержены пожарами до полной гибели. Сильно пострадали сосновые леса Ростовской и Волгоградской областей.

Результаты оценки сложных (многофакторных) объектов даются, как правило, по нескольким показателям, позволяющим измерить степень интенсивности критериального свойства, имеющего субъективный характер. Одним из наиболее распространенных методов оценки охраны лесного фонда от пожаров получила экспертная оценка горимости лесов по многолетним материалам в динамике с помощью вербально-числовых шкал, которые включают описание градаций и соответствующие им числовые значения.

В противопожарном устройстве для оценки горимости лесов широкое распространение получили две шкалы – проектного института РОСГИПРОЛЕС и научно-исследовательской организации ИЛиД СО РАН Российской Федерации (табл. 2). Их качественные возможности определяются по двум показателям горимости – плотности или частоте пожаров (случаев на единицу площади) и пройденной ими площади (га), относительно выбранной площади. Содержание градаций выше приведенных шкал близки градациям универсальной пятибалльной шкалы Харрингтона: очень высокая, высокая, средняя, низкая и очень низкая, которые были приняты нами при анализе горимости лесов на Юге России.

Каждая из этих шкал в отдельности показывает хорошие результаты при оценке горимости лесов в разрезе отдельных лет, предприятий и регионов. Более низкая степень градации показателя площади, пройденной пожарами, в сравнении с их плотностью по обеим шкалам, указывает на высокий уровень деятельности лесопожарных служб объекта, что подчеркивает высокую результативность рассматриваемых шкал (табл. 3).

Таблица 2. Вербально-числовые шкалы оценки горимости лесов, применяемые в противопожарном устройстве лесного фонда

Баллы	Содержание градаций	РОСГИПРОЛЕС		ИЛиД СО АН РФ	
		Плотность пожаров, случ. на 1 млн га	Площадь пожаров, га на 1000 га	Плотность пожаров, случ. на 100 тыс. га	Площадь пожаров, га на 100 тыс. га
1	Очень высокая	201 и более	1,1 и более	20,1 и более	3001 и более
2	Высокая	101–200	0,51–1.00	7,1–20,0	101–300
3	Средняя	51–100	0,21–0.50	2,1–7,0	31–100
4	Очень низкая	5–50	0,06–0.20	0,6–2,0	11–30
5	Низкая	Менее 5	Менее 0,06	Менее 0,6	10 и менее

Таблица 3. Оценка горимости лесов по различным вербально-числовым шкалам

Название субъекта Российской Федерации	Площадь пожаров, га	РОСГИПРОЛЕС		ИЛиД СО АН РФ	
		Площадь пожаров, га на 1000 га		Площадь пожаров, га на 100 тыс. га	
		значение	оценка	значение	оценка
Среднее за 2007–2011 гг.					
Республика Адыгея	31,44	0,14	ОН	13,79	ОН
Республика Калмыкия	31,28	1,10	ОВ	111,71	ОВ
Краснодарский край	216,23	0,18	ОН	18,02	ОН
Астраханская область	50,10	0,49	С	49,60	С
Волгоградская область	1707,27	3,22	ОВ	322,73	ОВ
Ростовская область	1693,73	6,77	ОВ	677,49	ОВ
Итого по ЮФО	3729,97	1,36	ОВ	135,73	В
за 2012 г.					
Республика Адыгея	0	0	Н	0	Н
Республика Калмыкия	0	0	Н	0	Н
Краснодарский край	5,00	0,004	Н	0,42	Н
Астраханская область	0	0	Н	0	Н
Волгоградская область	17,00	0,03	Н	3,21	Н
Ростовская область	27,00	0,11	ОН	10,80	ОН
Итого по ЮФО	49,00	0,02	Н	1,78	Н
Среднее за 2009–2013 гг.					
Республика Адыгея	32.10	0,14	ОН	14,08	ОН
Республика Калмыкия	10,02	0,35	С	35,79	С
Краснодарский край	82,39	0,07	ОН	6,86	Н
Астраханская область	45,96	0,46	С	45,50	В
Волгоградская область	1196,2	2,26	ОВ	226,12	В
Ростовская область	992,59	3,97	ОВ	397,04	ОВ
Итого по ЮФО	2359,60	0,86	В	85,87	С
Среднее 2007–2014 гг.					
Республика Адыгея	163,70	0,72	В	71,80	В
Республика Калмыкия	252,70	8,93	ОВ	902,50	ОВ
Краснодарский край	1126,41	0,94	В	93,87	С

Окончание таблицы 3

Астраханская область	272,80	2,71	ОВ	270,10	В
Волгоградская область	8708,17	16,45	ОВ	1646,16	ОВ
Ростовская область	8964,64	35,84	ОВ	3586,86	ОВ
Итого по ЮФО	19488,02	7,09	ОВ	709,17	ОВ

Примечания: обозначения содержания градаций оценки относительной горимости леса: ОВ – очень высокая, В – высокая, С – средняя, Н – низкая, ОН – очень низкая.

Сравнительная оценка горимости лесов за период с 2007 по 2014 г. вскрывает определение ограниченности возможности применения шкал. Так, в 2012 г отмечался сдвиг оценки показателя площади, пройденной пожарами, в субъектах Российской Федерации Южного федерального округа в сторону низких степеней горимости (РОСГИПРОЛЕС – 0,02, ИЛиД СО АН РФ – 1,78) [Поляков, Нартов, 2002].

В целом за анализируемый период горимость характеризуется, как очень высокая (РОСГИПРОЛЕС – 7.09, ИЛиД СО АН РФ – 709.17), причем наиболее высокие показатели отмечаются по Волгоградской и Ростовской областям.

В Ростовской области около 95 % лесов гибнет по причине лесных пожаров. Наибольший пик пожарной активности в субъекте приходился на 1994–1995 гг., когда выгорело более 10 тыс. га леса. Особенно подвержены пожарам новые лесные массивы и посаженные в 1950–60-х гг. сосновые насаждения, достигшие возраста смыкания.

Наиболее крупные лесные пожары характерны для хвойных массивов (север и запад области) – более 150 случаев возгорания (1990–2001 гг.), до 25 % пройденной пожарами лесопокрытой площади приходится на центральную, юго-западную и юго-восточную части области [Мартынова, 2002].

Таким образом, учитывая сложные лесорастительные условия состояния лесных массивов Южного федерального округа и процессы, происходящие в лесном фонде, главным образом за счет лесохозяйственных мероприятий, можно сделать вывод о том, что для территории с лесистостью 6,2 % характерна значительная доля хвойных лесов – 301,1 тыс. га или 11,5 % от общей площади, покрытой лесной растительностью. Причем в Волгоградской области доля хвойных 15,9 %, а в Ростовской области этот показатель в 1,8 раз выше. Доля хвойных древесных пород в площади, покрытой лесной растительностью, Ростовской области составляет 28,8 %. Вследствие этого для многих районов Волгоградской, Ростовской областей характерны разрушительные для лесов проявления антропогенной деятельности: повышенная частота лесных пожаров (среди которых преобладают низовые), значительная степень поражения лесов вредителями и болезнями, низкая доля рубок ухода от общей площади, покрытой лесной растительностью, низкая сохранность посаженных лесных культур, – что ведет к опустыниванию лесоаграрных ландшафтов Юга России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванова О.Ю. Охрана и горимость лесов Краснодарского края // *Мат-лы межвуз. научн.-практ. конф.* Новочеркасск: НГМА, 2005. С. 77–88.

Мартынова М.И. *География, динамика и современное состояние лесных массивов степной зоны* (*на примере Ростовской области*): автореф. дис. … канд. геогр. наук. Ростов н/Д.: РГУ, 2002. 23 с.

Поляков Н.Е., Нартов Д.И. *Методические указания к выполнению курсовой работы на тему «Проект противопожарного устройства лесного мастерского участка, переданного в аренду»*. Брянск: Изд-во БГИТА, 2002. 28 с.

Сидаренко П.В. *Лесная пирология*. Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2014. 186 с.

Сидаренко П.В., Рубежанский О.А. География и динамика пожаров в лесах Краснодарского края // *Мат-лы междунар. научн. конф.* Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 600-603.

Щетинский Е.А. *Тушение лесных пожаров.* Пушкино: ФАУ ВИПКЛХ, 2011. 188 с.

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПОЧВАХ СУХОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

К.С. Сушко

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
kirrkka@yandex.ru

Аридные и субаридные территории юга России характеризуются длительной историей хозяйственного использования, что в совокупности с их высокой экологической уязвимостью и климатическими особенностями обусловило снижение продуктивности биогеоценозов, деградацию почв и высокий уровень их эрозии, и ряд других экологических проблем. Колебания климата и гидрологического режима, нерациональное природопользование также ведут к нарушениям экосистемной устойчивости и, как следствие, к снижению продуктивности почв и водных бассейнов, видового разнообразия, потере местных ресурсов [Матишов, Голубева, 2010].

В настоящее время при возрастающей аридизации климата последних лет зональные почвы сухостепной зоны приобретают значительную солонцеватость и солончаковость. В условиях сухой степи скудное увлажнение положительных элементов поверхности в сочетании со значительным промачиванием отрицательных форм за счет стока с прилегающей поверхности является основной причиной высококонтрастной структуры почвенного покрова и интенсивной дифференциации сопряженной с ней растительности. [Матишов, Голубева, 2010].

На юге России естественные экосистемы степной зоны оказались практически полностью уничтожены вследствие распашки земель. Сохранившиеся степи в значительной мере эксплуатируются человеком – как пастбища, реже как сенокосные угодья. Проблема сохранения естественных степных ландшафтов в последнее время привлекает к себе пристальное внимание как научных учреждений, так и администраций краев и областей, включающих данную территорию [Ковда и др., 2013; Ильина и др., 2014].

Максимальное содержание гумуса было зафиксировано в юго-западной точке о-в Горелый и составило 3,9 %. Среднее содержание гумуса в пределах района исследований составляло 2,3–3,2 %.

Важно отметить, что участки, прилегающие к охранной зоне заповедника «Ростовский» и изъятые из сельскохозяйственного оборота, характеризуются средним содержанием гумуса (2,5–2,8 %).

На большей части полигона, занятой пашнями, почвы отличаются слабой гумусированностью (1,5–2,2 %), а также содержанием гумуса меньше минимального (1,1–1,3 %). Это обусловлено комплексом факторов. В первую очередь, это устаревшие приемы агротехники, недостаточное внесение минеральных удобрений, а также расположение большинства агроландшафтов на склонах различной крутизны и экспозиции, что является фактором перераспределения почвенных показателей.

Характерно, что на большей территории района исследований располагаются пастбищные угодья, где степень выпаса сильно колеблется от умеренной до очень сильной [Лебедева и др., 2011]. Содержание гумуса составляет от 0,9 до 1,2 % на участках с очень сильной степенью пастбищной нагрузки и до 0,8 % и ниже на участках в юго-восточной части полигона, где количество скота не регламентировано и превышает допустимые нормы.

Площадной анализ показателей содержания гумуса в слое 0–50 см показывает, что слабогумусированные почвы занимают 37 % территории (23 583,5 га), 29 % территории занимают почвы с содержанием гумуса меньше минимального (18 484,4 га), на долю среднегумусиро-

ванных почв приходится 20 % территории (12 747,8 га), сильногумусированные почвы занимают 10 % площади территории (6373,9 га), а 4 % занято территориями с катастрофическими потерями гумуса в почве (2549,6 га) (табл. 1).

Таблица 1. Значения площадей, занимаемых различными типами почв по степени гумусированности

Название почв	Площадь района исследований, га
Сильногумусированные	6373,900
Среднегумусированные	12 747,800
Слабогумусированные	23 583,541
Содержание гумуса меньше минимального	18 484,400
Катастрофические потери гумуса	2549,600

На долю почв, подверженных очень сильной дегумификации, приходится около 70 % исследуемой территории. Вся эта территория характеризуется интенсивной сельскохозяйственной деятельностью.

Среднегумусированные почвы занимают северную и северо-восточную часть полигона. Они используются в основном как пашни для выращивания различных твердых сортов пшеницы, а также как сенокосы. Использование земель в качестве пастбищ незначительно, преимущественно это выпасы индивидуальных хозяев.

Слабогумусированные почвы занимают наибольшую часть района исследований, они распространены в центральной части полигона и занимают южное побережье оз. Лопуховатое, располагаясь к юго-западу от оз. Грузское. Данные почвы сочетают в себе различные типы сельскохозяйственного использования. Значительная часть занята склоновыми агроландшафтами, также широко распространены сенокосы и пастбища крестьянско-фермерских хозяйств.

Содержание гумуса меньше минимального в почвах наблюдается в непосредственной близости от населенных пунктов: поселка Маныч и хутора Правобережный, вблизи крестьянско-фермерских хозяйств, а также сельхозпредприятий. Это обуславливается совокупностью факторов антропогенного использования в качестве пастбищ сенокосов и территорий с сильной степенью перевыпаса, а также использованием устаревшей агротехники и недостаточным внесением удобрений.

Юго-восточную часть полигона занимают наименее гумусированные почвы. Здесь развивается пастбищное животноводство, средняя плотность поголовья овец составляет 3,3–5,7 голов/га, КРС – 2,0–4,3 голов/га. На сегодняшний день данный фактор в совокупности с природными условиями является одним из ключевых факторов деградации почв долины Маныча.

Важно отметить, что комплексные исследования влияния пастбищной дигрессии на состояние наземных сухостепных экосистем долины Маныча позволяют выявить степень развития деградационных процессов почвенного покрова и биоты при разных уровнях пастбищной нагрузки и развития процессов опустынивания [Ильина и др., 2014; Сушко и др., 2015].

Недостаточная устойчивость сухостепных комплексов, особенно под воздействием антропогенных факторов (распашка, выпас скота, использование при орошении минерализованных вод и др.), обусловливает необходимость проведения мониторинговых работ по оценке состояния компонентов наземных сухостепных экосистем для получения информации о направлении и масштабах изменений, происходящих в них [Закруткин и др., 2002].

В результате антропогенной деятельности произошло снижение содержания гумуса в каштановых почвах бассейна долины Маныча с 3,6 % в эталонных участках заповедника «Ростовский» до 0,8 %. На долю почв с содержанием гумуса меньше минимального и катастрофическими потерями гумуса приходятся 34,0 % исследуемой территории. Содержание гумуса снизилось в 2,3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ильина Л.П., Ковда И.В., и др. Особенности формирования, состав и свойства сухостепных солонцевато-слитых почвенных комплексов Долины Маныча // *Вестник Южного научного центра*. 2014. Т. 10. № 4. С. 61–72.

Ковда И.В., Моргун Е.Г., Ильина Л.П. Почвенный комплекс солонцов и слитых каштановых почв Маныч-Гудиловской западины // *Почвоведение*. 2013. № 1. С. 3–16.

Лебедева Н.В., Пономарев А.В., и др. Наземная фауна как показатель пастбищной нагрузки: таксономический анализ // *Вестник Южного научного центра*. 2010. Т. 6. № 4. С. 84–96.

Матишов Г.Г., Голубева Н.И. Значение аридных и семиаридных зон в системе современного природопользования России // *Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 11–18.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Современные особенности солевого режима водоемов бассейна р. Маныч // *Вестник ДАН*. 2006. Т. 406. № 3. С. 1-3.

Сушко К.С., Беспалова Л.А., Беспалова Е.В. Исследование трансформаций природно-антропогенных ландшафтов сухих степей долины Маныча // *Естественные и технические науки*. 2015. № 6. С. 66–69.

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ХРОНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК ОТ $^{239+240}$Pu НА ГИДРОБИОНТЫ И ИХ РОЛИ В МИГРАЦИИ ПЛУТОНИЯ В ЧЕРНОМОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Н.Н. Терещенко

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского, г. Севастополь, Россия
ntereshchenko@yandex.ru

Опыт ликвидации последствий радиационных аварий свидетельствует о необходимости изучения радиоэкологических закономерностей миграции техногенных радиоизотопов в природных биогеоценозах для оценки и прогноза радиационной ситуации в экосистемах как сразу после инцидентов, так и в последующие периоды, а также для разработки оперативных мер по ликвидации последствий радиационных аварий.

Радиоизотопы плутония $^{239+240}$Pu широко используются в ядерных технологиях и поступают в окружающую среду в результате нормативных сбросов и аварийных ситуаций. Использование поступивших в природные экосистемы радиоизотопов в качестве предмета и инструмента исследования – в качестве радиоактивных индикаторов, позволяет изучать процессы миграции и перераспределения этих радиоизотопов, а также производить количественные оценки радиационных нагрузок на биоту как в текущий период, так и для других потенциально возможных радиационных ситуаций.

Целью нашей работы была оценка уровней хронического действия дозовых нагрузок от альфа-радиоизотопов $^{239+240}$Pu на гидробионты и их роли в миграции плутония в прибрежных экосистемах в Чёрном море в период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Радиоэкологические исследования в Чёрном море проводились в 1998–2014 гг. Пробы были отобраны в ходе морских и прибрежных экспедиций [Радиоэкологический отклик … 2008; Tereshchenko et al., 2014]. Плутоний из природных образцов выделяли по известным методикам [Радиоэкологический отклик … 2008]. При выделении $^{239+240}$Pu осуществляли хроматографическую очистку Pu с помощью ионообменных смол с последующим изготовлением тонкослойных препаратов и измерением образцов на альфа-спектрометре EG&G ORTEC OCTÊTÊ PC. Химический выход Pu составлял 40–80 %, его оценивали с помощью радиоактивного трассера ^{242}Pu, который вносили в пробы перед их обработкой. Ошибка определения $^{239+240}$Pu в пробах воды и биоты не превышала 20 %.

Величина дозовых нагрузок на гидробионты определяется уровнями радиоактивного загрязнения окружающей среды, свойствами радиоизотопов и свойствами самых живых организмов. В частности, ведущее значение имеет аккумуляционная способность биоты. Черноморские гидробионты характеризуются разными уровнями накопления плутония. Величина коэффициентов накопления – $K_н$ ($^{239+240}$Pu) изменялась для разных групп биоты от $n \times 10^1$ до $n \times 10^5$. $K_н$ ($^{239+240}$Pu) черноморских рыб составляли $n \times 10^1 – n \times 10^2$, двустворчатых моллюсков – $n \times 10^2$, зеленых макроводорослей – $n \times 10^2 – n \times 10^3$, зоопланктона – $n \times 10^3$, бурых макроводорослей – $n \times 10^3 – n \times 10^4$, красных макроводорослей – $n \times 10^4 – n \times 10^5$, фитопланктона – $n \times 10^5$. Самые высокие $K_н$ ($^{239+240}$Pu) среди всех компонентов черноморских экосистем наблюдались для суммарной взвеси и илистых донных отложений – $n \times 10^5 – n \times 10^6$. Так как $^{239+240}$Pu – альфа-радиоизотопы и альфа-частицы имеют незначительную длину пробега (около 30 мкм в воде и биологической ткани), то при оценке дозовых нагрузок учитывали только внутреннее облучение от альфа-излучения аккумулированных гидробионтами $^{239+240}$Pu. В последнее десятилетие удельная активность воды по $^{239+240}$Pu составляла незначительные величины и не

превышала 1 мБк/м³ [Tereshchenko et al., 2014], её пространственные изменения не выходили за пределы одного порядка. Но различная аккумуляционная способность черноморских гидробионтов определила широкий диапазон дозовых нагрузок, формируемых $^{239+240}$Pu, на разных представителей биоты (табл. 1) [Радиоэкологический … 2008; Терещенко, 2011; Tereshchenko et al., 2014].

Таблица 1. Диапазон дозовых нагрузок от $^{239+240}$Pu на черноморские гидробионты в прибрежных экосистемах в постчернобыльский период

Группа гидробионтов	Дозовая нагрузка от $^{239+240}$Pu	
	Мощность поглощенной дозы, мкГр/год	Мощность эквивалентной дозы, мк³/год
Фитопланктон	$n \times 10^{1}$	$n \times 10^{2}$
Макроводоросли	$N \times 10^{-2} – n \times 10^{0}$	$n \times 10^{-1} – n \times 10^{1}$
Зоопланктон	$n \times 10^{-1}$	$n \times 10^{0}$
Ракообразные	$n \times 10^{-2} – n \times 10^{-1}$	$n \times 10^{-1} – n \times 10^{0}$
Моллюски	$n \times 10^{-2} – n \times 10^{-1}$	$n \times 10^{-1} – n \times 10^{0}$
Рыбы	$n \times 10^{-3} – n \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-2} – n \times 10^{-1}$

Эквивалентные дозы от $^{239+240}$Pu изменялись в диапазоне от $n \times 10^{-2}$ до $n \times 10^{2}$ мкЗв/год. Самые высокие дозовые нагрузки от альфа-радионуклидов плутония для черноморских гидробионтов разных трофических уровней наблюдали у представителей продуцентов – одно- и многоклеточных водорослей. В целом при переходе из нижележащего на более высокий трофический уровень степень аккумуляции снижается на порядок. Дозовые нагрузки от $^{239+240}$Pu, имеющих длительный период полураспада (более 24000 и 6000 лет, соответственно), носят характер хронического воздействия на биоту. При современных уровнях удельной активности биоты по $^{239+240}$Pu в черноморских экосистемах дозовые нагрузки от этих радионуклидов не оказывают негативного воздействия на биологические организмы в Чёрном море. Согласно концептуальной модели Г.Г. Поликарпова зональности хронического действия ионизирующего излучения они соответствуют уровням экологического воздействия, характерным для Зоны неопределенности и Зоны радиационного благополучия, что соответствует подфоновому и фоновому уровню мощностей доз ионизирующей радиации [Радиоэкологический отклик … 2008; Tereshchenko et al., 2014]. Использование данных по аккумуляционной способности гидробионтов и границ зон Поликарпова по хроническому действию ионизирующей радиации на биоту позволяет оценить уровни удельной активности морской воды по $^{239+240}$Pu, при которых происходит усиление эффекта действия радиации на данную группу гидробионтов. Также оценены критические удельные активности морской воды для каждой группы гидробионтов [Терещенко и др., 2014], которые приводят к формированию мощностей доз от альфа-излучения $^{239+240}$Pu, превышающих предел допустимого уровня доз для популяций гидробионтов, равного 4 Зв/год [IAEA … 1992]. В зависимости от величины аккумуляционной способности гидробионтов в отношении $^{239+240}$Pu критические удельные активности морской воды по плутонию изменялись в диапазоне 3-х порядков величин.

Изучение аккумуляционной способности черноморских гидробионтов позволяет не только оценить дозовые нагрузки на биоту в Чёрном море, но и определить их роль в перераспределении радиоизотопов плутония в экосистеме водоёма или его части. В качестве примера прибрежной акватории нами была взята Севастопольская бухта, как полузамкнутая прибрежная акватория с хорошо изученной гидрологией и морфометрией. Параметром сравнения послужил среднегодовой удельный поток элиминации $^{239+240}$Pu разными компонентами экосистемы бухты из водной среды. Многолетние биотические компоненты и косные консервативные компоненты (донные отложения) аккумулируют изъятый радионуклид на длительный период, тогда как биологические организмы с коротким жизненным циклом извлекают из воды $^{239+240}$Pu на сравнительно небольшой срок соответствующий их продолжительности жизни. В дальнейшем накопленные в них радионуклиды продолжают

перемещаться в экосистеме по нескольким путям миграции: при поедании организмов – по трофическим цепям, при отмирании с потоком взвеси поступают в донные отложения или возвращаются обратно в водную среду в результате ремобилизации. Указанные пути миграции количественно нами не оценивались в виду того, что роль биотических компонент в элиминации плутония из водной среды в морской экосистеме несущественна и не превышала десятые и сотые доли процента (табл. 2). В таблице 2 приведены данные только по компонентам, которые вносят самый значимый вклад в элиминацию плутония из воды (не меньше 0,01 %).

Таблица 2. Сравнительная оценка роли различных компонент экосистемы Севастопольской бухты в процессе элиминации радиоизотопов плутония $^{239+240}$Pu из водной среды [Калугина-Гутник, 1975; Радиоэкологический отклик … 2008; Промысловые биоресурсы … 2011; Стадниченко, 2011; Егоров и др., 2013; Tereshchenko et al., 2014; Соловьева, 2015]

Биотические и абиотические компоненты экосистемы Севастопольской бухты	Среднегодовая продукция (для многолетних) или биомасса (для биоты с коротким жизненным циклом), г/м^2·год	Среднегодовая скорость седиментации взвешенного вещества, г/м^2·год	Среднегодовой поток элиминации $^{239+240}$Pu из водной среды бухты, мБк/м^2	Доля вклада компонента в элиминацию $^{239+240}$Pu из водной среды бухты, %
Вода	Период водообмена бухты = 1,3 года		1,93	0,15
Илистые осадки		2669	1249	99,62
Песчанистые осадки		664	0,30	0,02
Фитопланктон	2,05		0,46	0,04
Цистозира	8615		1,72	0,14
Ульва	5980		0,30	0,02
Мидии	2854		0,09	0,01
Итого			1253,8	100

Изымая плутоний из воды, они осуществляют самоочищение водных масс бухты от радиоактивного загрязнения плутонием. Очевидно, что на фоне гидрологических и биоаккумуляционных процессов элиминации плутония из водной среды биогеохимическое седиментационное осадконакопление играет ведущую роль и иловые донные отложения служат основным долговременным депо плутония. Следует подчеркнуть, что радионуклиды при этом не выносятся из экосистемы бухты (за исключением гидрологического выноса или изъятия биомассы биоты), а перераспределяются из наиболее биологически функциональной зоны – водного фотического слоя – в консервативный компонент, которым являются для плутония донные осадки.

Таким образом, полученные количественные параметры аккумуляции и перераспределения плутония в биотических и косных компонентах экосистемы позволили оценить современную радиационную ситуацию в акватории в отношении $^{239+240}$Pu с помощью зональности хронического действия ионизирующей радиации на черноморские гидробионты и их роль в миграции плутония в прибрежных экосистемах. Установлено, что седиментационное осадконакопление служит ведущим механизмом реализации самоочистительной способности морских вод фотического слоя от загрязнения плутонием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Егоров В.Н., Гулин С.Б. и др. Биогеохимические механизмы формирования критических зон в Чёрном море в отношении загрязняющих веществ // *Морской экол. журн.* 2013. Т. 12. № 4. С. 5–26.

Калугина-Гутник А.А. *Фитобентос Чёрного моря*. Киев: Наукова думка, 1975. 247 с.

Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей / под ред. В.Н. Еремеева, А.В. Гаевской, Г.Е. Шульмана, Ю.А. Загородней. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 367 с.

Радиоэкологический отклик Чёрного моря на чернобыльскую аварию / под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ–гидрофизика, 2008. 667 с.

Соловьева О.В. Восстановление митилидного обрастания гидротехнического сооружения в условиях Севастопольской бухты (Чёрное море) // *Вестник Удмурдского ун-та. Биология*. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 3. С. 70–76.

Стадниченко С.В. Популяционные характеристики Mytilus galloprovincialis Lam. В условиях эвтрофирования морских прибрежных вод // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2011. Вып. 25. Т. 1. С. 356–361.

Терещенко Н.Н. Плутоний в гидробионтах Чёрного моря // *Наукови праци: науково-методычный журнал. Сер.: Техногенна безпека.* Миколаив: Выд-во ЧДУ им. Петра Могылы, 2011. Вып. 198. Т. 210. С. 52–61.

Терещенко Н.Н., Проскурнин В.Ю., Дука М.С., Крылова Т.А Влияние биоаккумуляции радионуклидов на уровни их экологического воздействия на черноморские гидробионты // *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Мат-лы V Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посвящ. памяти Б.А. Флёрова* (г. Борок, 28 окт. – 1 нояб. 2014 г.). Борок, 2014. Т. 1. С. 44–48.

IAEA Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards. *IAEA Technical Report Series.* № 332. Vienna: IAEA, 1992. 74 p.

Tereshchenko N.N., Mirzoyeva N.Yu., Gulin S.B., Milchakova N.A. Contemporary radioecological state of the North-Western Black Sea and the problems of environment conservation. *Marine Pollution Bulletin*. 2014. Vol. 81. № 1. P. 7–23.

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ НЕМАТОД СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Ю. Шматко, Л.П. Ильина

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
antijus@gmail.com, iljina@ssc-ras.ru

Почвенная фауна является неотъемлемой частью почвенной биоты, это достаточно разнообразная и многочисленная группа из всех многоклеточных беспозвоночных, обитающих в почве. Видовое разнообразие почвенных нематод в окультуренных почвах колеблется от 42 до 140 видов, при этом их биомасса может достигать 22 г/м^2 [Соловьева, 1986; Соловьева и др., 1989]. Несмотря на многочисленность и активное участие в почвообразовательных процессах обитающие в почве нематоды, включающие свободноживущие и фитопаразитические формы, относятся к слабоизученной группе беспозвоночных животных. Кроме этого мало данных по проблеме влияния засоления почв на состав нематодофауны. Особый научный интерес имеет исследование фауны нематод в условиях резко выраженной комплексности почвенного и растительного покрова. Исследуемая территория представлена плакорными сухими дерновинно-злаковыми степями, есть различные варианты долинных сухих и пустынных степей на каштановых почвах с различной степенью засоленности, а также комплексы засоленных почв – солонцов каштановых и солончаков гидроморфных. В связи с этим целью проводимых исследований было выявление особенностей эколого-фаунистического комплекса нематод сухостепных биотопов с разными почвами и растительностью.

Исследования проводили в 2012–2015 гг. на территории Орловского района Ростовской области на базе НЭС «Маныч» Южного научного центра РАН. Современная структура почвенного покрова юго-восточных районов Ростовской области обусловлена взаимосвязью природных и антропогенных факторов. При этом ведущую роль играют микрорельеф, различный характер увлажнения, уровень минерализации грунтовых вод, а также антропогенное воздействие (распашка целинных почв, использование при орошении вод повышенной минерализации и др.). Основным типом почв является каштановый. Встречаются подтипы каштановых, темно-каштановых, светло-каштановых почв, а также тип лугово-каштановых. Среди засоленных типов почв отмечены солонцы каштановые и солончаки гидроморфные [Ильина, Невидомская, 2007; Ильина и др., 2010].

Для исследования были выбраны 7 ключевых участков с различными биотопами, расположенные на территории двух заповедных участков (Стариковский и Островной) и охранной зоны заповедника «Ростовский».

Участок 1 – (46°31’28.46» с.ш.; 42°57’06.92» в.д., Стариковский участок). Целинный биотоп с типчаково-ковыльной растительностью, с доминированием дерновинных злаков – ковыль Лессинга (*Stipa Lessingiana* Trin. et Rupr.), ковыль украинский (*S. ucrainica* P. Smirn.), ковыль волосовидный (*S. capillata* L.), овсяница валисская (*Festuca valesiaca* Gaudin). Каштановая солонцеватая почва.

Участок 2 – (46°31’39.99» с.ш.; 42°57’18.61» в.д., граница Стариковского участка). Биотоп лесополосы с доминированием вяза (*Ulmus pumila* L.) и разнотравно-злаковых ассоциаций с преобладанием пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). Каштановая карбонатная слабозасоленная почва.

Участок 3 – (46°27’03.84» с.ш.; 42°51’26.88» в.д., озеро Лебяжье. Охранная зона заповедника). Биотоп с типчаково-ковыльно-разнотравной растительностью с редкими группировками полыни черной (*Artemisia pauciflora* Web.), спорыша солонцового (*Polygonum salsugineum* Bieb). Солонец каштановый.

Участок 4 – (46°31’59.02» с.ш.; 42°54’30.82» в.д., Охранная зона заповедника). Биотоп с сильной степенью пастбищной нагрузки – метлицево-эфемеровый сбой (мятлик живородящий –

Poa vivipara (Koel.) и разные виды сорного разнотравья – однолетние виды семейств Brassicaceae и Poaceae. Каштановая солонцеватая почва.

Участок 5 – (46°32'50.30» с.ш.; 42°35'30.19» в.д., Охранная зона заповедника). Луговой биотоп с преобладанием пырейно-разнотравных ассоциаций (пырей ползучий *Elytrigia repens* (L.) Nevski, вейник наземный *(Calamagrostis epigeios* (L.) Roth*),* осока узколистная *(Carex stenophylla* Wahlenb), синеголовник плосколистный *(Eryngium planum* L.). Лугово-каштановая почва.

Участок 6 – (46°25'1.56» с.ш.; 42°36'0.92» в.д., прибрежная часть озера Маныч-Гудило. Островной участок). Солончаковый биотоп без растительности. Солончак гидроморфный соровый.

Участок 7 – (46°28'45.99» с.ш.; 42°29'26.75» в.д., балка Журавлиная. Остров Водный. Островной участок). Солончаковый биотоп с галофильными сообществами, с преобладанием солероса европейского (*Salicornia europaea* L.*,* содоминантными выступают виды рода сведы (*Saueda prostrata* Pall., *S. confusa* Iljin) петросимонии супротивнолистной (*Petrosimonia oppositifolia* Pall.) петросимонии трехтычинковой (*P. Triandra* (Pall.) Simonk.). Солончак гидроморфный типичный.

Все проведенные полевые и лабораторные исследования (геоботанические, почвенные, нематодологические) выполнены стандартными методиками [Кауричев, 1980; Метлицкий, 1985; Метлицкий, Матвеева, 1975; Hall, 1996].

Почвенные нематоды исследуемых сухостепных биотопов. На обследуемых участках заповедника «Ростовский» отмечено 78 видов почвенных нематод из 41 рода, 24 семейств и 7 отрядов. Точная видовая принадлежность дана для 45 видов. Структура сообществ и характер доминирования почвенных нематод представлена в таблице 1.

Таблица 1. Структура сообществ и характер доминирования почвенных нематод на ключевых участках

Ключевой участок	Кол-во видов/ родов	числ., экз./100 см^3	Схема эколого-трофического доминирования	Доминирующие эколого-трофические группы и роды, в %	MI	H`
№ 1	22 / 17	795 ± 2,8	Опр→Б→В→М→Х	Опр = 57 Tylenchorhynchus = 37 Longidorus = 12 Geocenamus = 7 Б = 23 Acrobeles = 14	3,39	2,4
№ 2	16/14	849 ± 1,8	Опр→Х→В→Б→Фпр→М	Опр = 67 Helicotylenchus = 65 Х = 11 Discolaimus = 10 В = 9 Eudorylaimus = 9	3,14	1,6
№ 3	26 / 16	2776 ± 3,4	В→Б→Х→Фпр→Опр	В = 55 Eudorylaimus = 30 Aporcelaimellus = 20 Б = 22 Cephalobus = 10	3,67	1,5

Окончание таблицы 1

Ключевой участок	Кол-во видов/ родов	числ., экз./100 см^3	Схема эколого-трофического доминирования	Доминирующие эколого-трофические группы и роды, в %	MI	H`
№ 1	22 / 17	795 ± 2,8	Опр→Б→В→М→Х	Опр = 57 Tylenchorhynchus = 37 Longidorus = 12 Geocenamus = 7 Б = 23 Acrobeles = 14	3,39	2,4
№ 4	15 / 11	967 ± 3,3	В→Б→М→Опр	В = 68 Ecumenicus = 37 Eudorylaimus = 15 Metaporcelaimus = 14 Б = 29 Eucephalobus = 19	3,54	1,7
№ 5	18 / 13	864 ± 2,1	В→Опр→Х→Б→Фпр	В = 82 Eudorylaimus = 60 Labronema = 9 Aporcelaimus = 7 Опр = 8 Helicotylenchus = 6	3,9	1,8
№ 6	13 / 11	308±2,9	Б→Опр→Фпр	Б = 97 Monhystera = 63 Rhabdolaimus = 14 Diplolaimella = 8	2,1	1,3
№ 7	5 / 5	567 ± 4,4	В→Х→Фпр→Б	В = 94 Laimydorus = 90	4,9	0.6

Примечание: MI – индекс зрелости Бонгерса; H` – индекс Шеннона; Б – бактериотрофы; М – микотрофы; В – всеядные; Х – хищные нематоды; Фпр – факультативные паразиты растений; Опр – облигатные паразиты растений.

По численности нематод, количеству обнаруженных видов, наиболее высокие показатели имеет биотоп с типчаково-ковыльно-разнотравной растительностью на солонце каштановом (уч. № 3) (см табл. 1). Этот ключевой участок находится в охранной зоне и слабо подвержен пастбищной нагрузке, поэтому имеет место незначительное нарушение растительности, по почвенным показателям близок к целинным каштановым солонцеватым почвам. Установлено, что численность нематод была 2776 экз./100 см^3, а индекс таксономического разнообразия – 1,5. Обнаружено 26 видов из 16 родов. По численности в эколого-трофическом составе доминирующей группой оказалась группа всеядных нематод (55 %), в которой преобладали нематоды из родов Eudorylaimus (30 %), Aporcelaimus (20 %). Группа

бактериотрофов составляла 22 %, из которых 10 % это нематоды рода Cephalobus, нематоды остальных родов не превышали 6 %.

На участках целинного биотопа (№ 1) и биотопа лесополосы (№ 2) численность нематод была 795 экз./100 см^3 (22 вида из 17 родов) и 849 экз./100 см^3 (16 видов из 14 родов) соответственно. Участки находятся близко друг к другу, не подвергаются выпасу, имеют ненарушенный растительный покров, почвы каштановая солонцеватая и каштановая карбонатная слабозасоленная. В эколого-трофическом составе в целинном биотопе доминируют облигатные фитопаразиты 57 %, из родов Tylenchorhynchus – 37 %, Longidorus – 12 %, Geocenamus – 7 %, субдоминантами являются бактериотрофы – 23 %, представленные в основном родом Acrobeles – 14 %; в биотопе лесной полосы облигатные паразиты растений занимают 67 % представленных родом Helicotelenchus – 65 %, субдоминирующими являются группы хищных нематод – 11 % (Discolaimus – 10 %) и всеядных нематод– 9 % (Eudorylaimus).

На каштановой солонцеватой почве биотопа с сильной степенью пастбищной нагрузки (уч. № 4) численность почвенных нематод 967 экз./100 см^3, при этом группа всеядных составляла 68 % и представлена родами Ecumenicus – 37 %, Eudorylaimus – 15 %, Metaporcelaimus – 14 %, следующей субдоминирующей группой являются бактериотрофы, составляющие 29 %, которая состояла родов: Eucephalobus – 19 %. Группы микотрофов и облигатных паразитов растений составляют 2 % от нематодофауны.

В луговом биотопе (уч. № 5) сформированном на лугово-каштановой почве численность нематод была 864 экз./100 см^3 . Выявлено, что группа всеядных является доминирующей и составляет 82 %, из них 60 % Eudorylaimus и 9 % – Labronema, 7 % – Aporcelaimus. Группа облигатных паразитов растений, питающихся исключительно за счет растений, составляет лишь 8 % , из которых 6 % это роды Helicotylenchus и 2 % – Tylenchorhynchus.

Для всех выше описанных участков фауну нематод можно оценить как достаточно разнообразную, значения индекса таксономического разнообразия Шеннона были от 1,5 до 2,4 и зрелую MI от 3,14 до 3,9.

Для засоленных биотопов (участки № 6, 7) установлено, что в солончаке гидроморфном соровом численность нематод невысокая 308 экз./100 см^3, доминирующая группа бактериотрофы – 97 %, из которых нематоды рода Monhystera составляют 63 %, Rhabdolaimus – 14 %, Diplolaimella – 8 %, нематоды остальных групп не превышают 4 %. Индекс разнообразия Шеннона – 1,3. Встречаемость бактериотрофов, имеющих низкие значения по шкале Бонгерса (1–2), которые устойчивые к неблагоприятным или быстро меняющимся условиям среды обитания на данном участке была высокая 77,6 %, что подтверждается низким показателем индекса зрелости сообществ 2,1. Полученные результаты обусловлены тем, что на участке полностью отсутствовала растительность, на поверхности почвы была солевая корка – сильно засолен (сухой остаток 2,36 %), почвенный раствор имеет щелочную среду pH = 8,5–8,7, среднесуглинистый и глинистый гранулометрический состав.

Ключевой участок с солончаком гидроморфным типичным по почвенным показателям очень близок с соровым солончаком, однако на нем формируются галофильные сообщества, с преобладанием солероса европейского. Выявлено, что общая численность почвенных нематод была 567 экз./100 см^3, доминирующая группа – всеядные нематоды из рода Laimydorus, которые составляют 90 % данный род нематод питается водорослями и способен переживать сильное засоление. Нематоды остальных групп по численности в фауне занимали от 1 до 3 % (см. табл. 1). Индекс Шеннона имел минимальное значение – 0,6, всего обнаружено 5 видов, однако, в отличие от других участков, индекс зрелости имел максимальное значение – 4,9, что связано с преобладанием нематод рода Laimydorus, имеющих большие размеры и по шкале Бонгерса значение 5.

В результате проведенных исследований установлено эколого-фаунистическое сходство сообществ почвенных нематод для сухостепных почв близких по генетическому положению и протекающим в них почвообразовательным процессам. Особенности формирования нематодофауны в различных биотопах проявляются в видовом разнообразии,

а также в доминировании отдельных трофических групп и родов. В целом фауну нематод изученных ключевых участков можно оценить как достаточно разнообразную и зрелую, что свидетельствует о слабой нарушенности и стабильности условий их обитания.

Работа выполнена по Базовой НИР «Современная структура и генетические связи биоценозов равнинных ландшафтов юга Европейской части России» (№ гос.рег. 01201363191).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ильина Л.П., Невидомская Д.Г. Солевой режим каштаново-солонцовых почвенных комплексов Долины Маныча // *Вестн. Южного научного центра*. Т. 3. № 4. 2007. С. 47–52.

Ильина Л.П., Невидомская Д.Г., Польшина Т.Н. Состав и свойства сухостепных каштаново-солонцовых комплексов бассейна озера Маныч-Гудило // *Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России*: сб. науч. ст. ЮНЦ РАН. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. 2010. С. 129–138.

Кауричев И.С. *Практикум по почвоведению*. М.: Колос, 1980. 280 с.

Метлицкий О.З. Экологические и технологические основы обнаружения нематод // *Принципы и методы экологической фитонематологии*. Петрозаводск: Карелия, 1985. С. 18–35.

Метлицкий О.З., Матвеева М.А. *Методические указания по выявлению и учету численности нематод на ягодных культурах*. М.: Колос, 1975. 24 с.

Соловьева Г.И. *Экология почвенных нематод*. П.: Наука, 1986. 247 с.

Соловьева Г.И., Груздева Л.И., Козловская Л.С. *Влияние минеральных удобрений на сообщества почвенных нематод*. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1989. 136 с.

Hall G.S. *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*. CAB International: Wallinford, 1996. 320 p.

РАЗДЕЛ 5

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ



ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УЛЬТРАСТРУКТУРЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА у *Laminaria saccharina = Saccharina latissima* ПРИ СПОРОГЕНЕЗЕ, РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ И СТАРЕНИИ

Г.М. Воскобойников[1], Е.О. Кудрявцева[2], Г.А. Морозов[3]

[1] Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
[2] Мурманский государственный гуманитарный университет, г. Мурманск, Россия
[3] Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова г. Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на обилие информации о биологии ламинариевых водорослей в литературе, морфофункциональные преобразования энергетического аппарата в клетках в процессе развития растения остаются малоизученными. К таким «белым пятнам» можно отнести сведения об ультраструктуре хлоропластов и митохондрий: у гаметофитов, «молодых» спорофитов ламинарии, спорогенной ткани, у «молодой» и «старой» частей таллома. Задачей настоящей работы явилось описание морфологической картины энергетического аппарата ламинарии на разных стадиях онтогенеза.

Из талломов ламинарии (*Saccharina latissima = Laminaria saccharina*) в возрасте 2+ были сделаны высечки 1 см^2 образцов молодой (часть пластины, прилегающая к черешку, – МЧП), старой (верхняя часть пластины без признаков спороношения – СЧП) вегетативной, а также спорогенной ткани (СПТ). Из «зрелой» СПТ были получены зооспоры, из которых затем на предметных стеклах в чашках Петри выращены гаметофиты и «молодые» однослойные спорофиты. Экспериментальный материал фиксировали глютаровым альдегидом и тетраоксидом осмия и готовили для исследования методами световой и электронной микроскопии.

Вегетативная ткань на поперечных срезах, как ранее было отмечено нами и другими исследователями, представлена тремя самостоятельными слоями клеток. Наружный слой – ассимиляционный, или корковый, состоит из нескольких рядов плотно прилежащих друг к другу фотосинтезирующих клеток. В нем выделяют меристодерму – поверхностный ряд клеток, способных делиться и формировать органы размножения. Глубже лежит промежуточный слой, сформированный крупными, сильно вакуолизированными клетками без хлоропластов, и сердцевина.

На срезах клеток ассимиляционного слоя из МЧП обнаруживается до 6 относительно мелких хлоропластов – Хл (3–5 мкм) овальной формы, расположенных под клеточной оболочкой, занимающих до 30 % парциального объема клетки. Прослеживается связь между отдельными хлоропластами через каналы эндопласматического ретикулума. Строма Хл электронно-плотная, содержит большое число рибосом, тилакоиды плотно по упакованы в пачки по три, строго ориентированы по длинной оси хлоропласта. Парциальный объем тилакоидов в Хл составляет до 70 %. В клетках МЧП присутствуют митохондрии (Мтх) размером 1,5–2 мкм округлой формы, с единичными кристами, трубчатой формы.

На срезах клеток ассимиляционного слоя из СЧП присутствуют 2–3 Хл длиной 5–8 мкм, расположенных по периферии клетки, занимающих до 20–25 % ее объема. Достаточно часто ХЛ соединены между собой мембранами эндоплазматического ретикулума. Строма у большинства Хл электронно-прозрачная, содержит значительно меньшее число рибосом, чем Хл в клетках «молодых» частей таллома. Упорядоченность тилакоидов сохраняется, однако их парциальный объем в Хл значительно меньше (до 50 %), чем в клетках из МЧП. В строме обнаруживаются большое число пластоглобул, миелиноподобные структуры. Мтх на срезах клеток имеют размер 2–4 мкм, округлую форму, трубчатые кристы. Часто Мтх

обнаруживаются в тесном контакте с Хл: наружные мембраны органоидов соприкасаются.

В пределах пластины ламинариевых водорослей может развиваться репродуктивная (спорогенная) ткань, в одногнездных спорангиях которой образуются зооспоры. После созревания они выходят из спорангиев, некоторое время перемещаются в водной среде, оседают на дно и прикрепляются к субстрату. На этом этапе споры теряют жгутики, округляются и формируют хорошо выраженную клеточную стенку, часть из осевших спор прорастает.

Морфологический анализ показал, что в спорангиях, даже если споры в них еще не имеют четких границ, Хл уже отделены от содержимого клетки сформированной оболочкой. В формирующихся спорах (ФСП) наблюдаются делящиеся хлоропласты. Парциальный объем Хл в спорах составляет около 15 %, средняя площадь хлоропласта на срезе клетки около 1,8 мкм^2. Внутренняя мембранная система занимает около 55 % объема пластиды. Организация ламеллярной системы, свойственная бурым водорослям, прослеживается не во всех Хл. Во многих из них наблюдается переход тилакоидов из одной группы ламелл в другую. Пластоглобул, выявленных в Хл, не обнаружено. До 50 % площади среза клетки ФСП занят бесструктурным, по-видимому, запасным веществом.

В ФСП развит митохондриальный аппарат. На срезе таких спор встречается до девяти Мтх, по размеру несколько превышающих митохондрии вегетативных клеток. Мтх содержат большое число трубчатых крист. Наряду с этими митохондриями в спорах выявлены Мтх с кристами, по форме близкими к пластинчатым.

После выхода из спорангиев споры приобретают подвижность, их форма варьирует от округлой до грушевидной. Размер сформировавшихся и вышедших в окружающую среду зооспор у *S. latissima* составляет 6,5–7,5 мкм.

Объем фотосинтетического аппарата в подвижных зооспорах, по данным морфометрии, достигает 20 %, средняя площадь хлоропластов около 2,8 мкм^2. Парциальный объем тилакоидов в Хл составляет 50–60 %. На большинстве срезов подвижных зооспор ламинарии выявляются 1–2 Хл, размер которых колеблется по длинной оси от 2 до 5,2 мкм, а в поперечном сечении от 0,8 до 1,5 мкм. В ряде случаев в зооспорах удается увидеть делящийся Хл. У исследованных зооспор встречаются Хл как с четко выраженной упаковкой по три тилакоида, так и такие, у которых морфологически оформленная ламеллярная система не наблюдается. Строма пластид равномерно насыщена рибосомами. Пиреноид и пластоглобулы нами не обнаружены. Как и на стадии формирования, до 35–60 % площади среза большинства подвижных спор занято бесструктурным веществом.

На этой стадии развития во многих зооспорах можно видеть уже не более пяти Мтх (на срезе клетки) округлой формы, диаметром 1,2–1,8 мкм. Локализованы Мтх преимущественно пристенно.

Практически все осевшие споры (эмбриоспоры) приобретают округлую форму, их диаметр колеблется от 8 до 12 мкм. Одни из них хорошо структурированы: в них выявляются все органоиды, свойственные растительной клетке. Большое количество других эмбриоспор заполнено бесструктурным веществом. В них с трудом прослеживаются фрагменты органоидов.

Хл обнаруживаются на срезах в основном в центральной части эмбриоспоры. По данным морфометрии, они могут занимать также до 20 % объема клетки. Средняя площадь Хл на срезе клетки равняется 3 мкм^2. Ламеллярная система в пластидах эмбриоспор уже полностью сформирована и занимает до 50 % парциального объема органоида, тилакоиды упакованы по три в пачки. Строма электроннoплотная. Мтх в эмбриоспорах значительно меньше, чем в зооспорах, 2–4 на срезе клетки. Они расположены пристенно и иногда контактируют с бесструктурным веществом.

Исследования ультраструктуры «молодых»: от 5–6 до 16–20 клеточных спорофитов, показано наличие развитого фотосинтетического ретикулума, состоящего из хлоропластов, объединенных в единую сеть. На срезах большинства Хл тилакоиды плотно упакованы по три в пачки, расположенные параллельно длинной оси Хл. У некоторых Хл ламеллярная система

в стадии формирования. У Мтх также прослеживается связь через ретикулярные мембраны и контакты между наружными мембранами, что может свидетельствовать о наличии энергообмена между митохондриями и в системе Хл – Мтх. Число и размер Мтх на срезе клетки, количество крист и рибосом на срезе отдельных органоидов значительно превышают таковые у клеток сформировавшихся растений (2+). На данной стадии онтогенеза водоросли происходит активное деление клеток, рост спорофита, однако признаки клеточной дифференцировки отсутствуют.

Проведенное исследование свидетельствует, что формирование зооспор в спорогенной ткани происходит несинхронно. В одних участках спорангия можно наблюдать уже сформировавшиеся споры, в то время как в других формирование спор только началось. Различаются по степени организации и споры в соседних спорангиях.

Отсутствие полностью сформированной ламеллярной системы у Хл большинства спор может свидетельствовать лишь о том, что на этой стадии образование фотосинтетического аппарата у спор не завершено. В эмбриоспорах, которые продолжают развитие, пластиды полностью сформированы. Они имеют большую по сравнению с предыдущими стадиями развития площадь на срезах клетки. В Хл достаточно велики парциальный объем пластидома и объем внутренней мембранной системы.

При спорообразовании в клетках развивается митохондриальный аппарат. Мтх локализованы преимущественно пристенно. Подобная локализация отмечалась у целого ряда одноклеточных животных объектов и обычно связывалась с усилением дыхания. По-видимому, выявленный нами феномен наличия в зооспорах Мтх с пластинчатыми и трубчатыми кристами связан с изменением функциональной активности хондриома в период развития спор, когда их основная функция направлена на движение и поиск субстрата. В пользу этого предположения свидетельствует факт присутствия в эмбриоспорах Мтх только с трубчатыми кристами. При уменьшении потребности в энергии, когда споры осели и развитие фотосинтетического аппарата достигло своего максимума, все кристы Мтх вновь приобретают трубчатую форму.

При исследовании ультраструктуры клеток «молодого» спорофита показано наличие развитого фотосинтетического ретикулума, состоящего из Хл, объединенных в единую сеть. Однако если в клетках меристемы таллома хлоропласты полностью оформлены, то в клетках молодых спорофитов много хлоропластов в стадии формирования. По-видимому, это связано с интенсивным процессом деления на этой стадии развития. Уменьшение парциального объема хлоропластов в клетке, объема фотосинтетических мембран в Хл, числа рибосом, присутствие большого числа пластоглобул, миелиноподобных структур в Хл клеток из «старой» части таллома может свидетельствовать о происходящих деградационных процессах при старении растения.

Выявленные морфологические связи между энергетическими структурами Мтх – Мтх и Хл – Мтх через ретикулярные мембраны и контакты между наружными мембранами могут свидетельствовать о наличии энергообмена между митохондриями и в системе Хл – Мтх.

Таким образом, у ламинарии на различных этапах развития (спора – активное движение, спорофит – интенсивный рост, старение) происходят морфологические изменения энергетического аппарата, коррелирующие с направленностью генеральной жизненной функции организма.

Выявленные изменения хлоропластов и митохондрий, происходящие в онтогенезе ламинарии, находятся в соответствии с описанными нами и другими исследователями возрастными изменениями фотосинтетического аппарата в клетках фукусовых водорослей и высших растений, вносят вклад в представления о консерватизме в ответной морфологической реакции энергетического аппарата растительной клетки на внешнее воздействие, а также при старении.

МНОГОПЛОДИЕ ГИБРИДНЫХ СВИНОМАТОК F1 РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНА ESR1

Л.В. Гетманцева[1], М.А. Леонова[1, 2], А.В. Усатов[2], С.Ю. Бакоев[1]

[1] Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия
[2] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
ilonaluba@mail.ru

Воспроизводительная продуктивность животных является ключевым показателем эффективности производства [Мамонтов и др., 2015]. Центральную роль в формировании репродуктивных признаков играют стероидные гормоны, или эстрогены. Гормональный эффект эстрогенов опосредуется через эстрогеновые рецепторы (estrogen receptor, ESR), которые принадлежат к суперсемейству нуклеарных рецепторов [Coleman, Smith, 2001]. Основной механизм действия эстрогеновых рецепторов заключается в том, что стероидные гормоны диффундируют через клеточную мембрану и связываются со специфическими протеинами нуклеарного рецептора [Wang et al., 2013]. Активированный стероидно-рецепторный комплекс инициирует процесс транскрипции РНК, в результате чего синтезируются специфические белки, участвующие в регуляции разнообразных физиологических реакций [Рудник, 2005]. В настоящее время широко известны два типа ядерных эстрогеновых рецептора: ESR1 (ER-alfa) и ESR2 (ER-beta) [Sobti et al., 2012]. ESR1 был впервые клонирован в 1986 г., а ESR2 – лишь в 1996 г. [Kuiper, 1996]. Несмотря на то, что оба рецептора обладают большой гомологичностью, главное различие между двумя изоформами состоит в регуляции клеточной пролиферации, где ESR1 наиболее часто проявляет пролиферативное действие в репродуктивных органах, тогда как ESR2 функционирует в большей степени в центральной нервной системе, иммунной системе и скелетных мышцах [Suwanasopee et al., 2010]. У свиней гены ESR1 (Gene ID: 397435) и ESR2 (Gene ID: 396697) расположены в первой хромосоме. Полиморфизм гена ESR1, диагностируемый методом ПЦР-ПДРФ, находит все более широкое применение как генетический маркер воспроизводительной продуктивности, главным образом для свиней крупной белой породы (КБ) [Rybalko et al., 2012; Klimenko et al., 2014; Леонова и др., 2015]. С высокими воспроизводительными качествами свиней КБ связан аллель В и генотип ВВ. Однако, согласно многочисленным литературным данным, для свиней породы ландрас (Л) характерна очень низкая частота аллеля В и практически отсутствие гомозиготного генотипа ВВ [Mihailov et al., 2014].

При скрещивании свиней породы КБ и Л на первом этапе гибридизации получают гибридных свиней F1, которые должны отличаться высокими воспроизводительными качествами. В зависимости от селекционной стратегии используют следующие формы скрещивания: ♂Л × ♀КБ, либо ♂КБ × ♀Л.

Целью работы было определить связь генотипов гена ESR1 с многоплодием свиноматок F1, полученных при различных формах скрещивания.

Исследования проводили на свиноматках F1 (♂Л × ♀КБ (*n*=48)) и (♂КБ × ♀Л (*n*=69)). Все свиноматки имели одинаковые условия содержания и кормления. Полиморфизм гена ESR1 определяли методом ПЦР-ПДРФ [Колосов и др., 2016]. Многоплодие учитывали по первым двум опоросам. Связь между факторными и результативными признаками определяли однофакторным дисперсионным анализом. В качестве фактора выступал ген ESR1, градации фактора – генотипы АА, АВ и ВВ. В изучаемых группах свиноматок F1 установлен полиморфизм гена ESR1, обусловленный аллелями А и В, а также генотипами АА и АВ (табл. 1).

Таблица 1. Частота аллелей и генотипов гена ESR1 у свиноматок F1

Свиноматки F1	Частота генотипов, %			Частота аллелей	
	АА	АВ	ВВ	А	В
♂Л × ♀КБ	45,8	54,2	–	0,73	0,27
♂КБ × ♀Л	27,5	72,5	–	0,64	0,36

Анализ воспроизводительных качеств свиней различных генотипов гена ESR1 показал, что свиноматки F1 (♂Л × ♀КБ) генотипа AB/ESR1 имели многоплодие 13,1 гол., что на 1,1 гол. (8,95 %; P=0,07)) больше в сравнении с аналогами генотипа AA/ESR1. В свою очередь, у свиноматок F1 (♂КБ × ♀Л) лучшее многоплодие связано с генотипом AA/ESR1, которое составило 13,3 гол., что на 0,8 гол. (6,32%; P=0,04)) выше относительно аналогов генотипа AB/ESR1 (табл. 2).

Таблица 2. Многоплодие свиноматок F1 различных генотипов гена ESR1

Свиноматки F1	Статистические показатели	AA/ESR1	AB/ESR1	P
F1 (♂Л × ♀КБ)	Среднее	12,02	13,10	0,07
	Ст. ошибка	0,33	0,39	
	Дисперсия	2,34	3,92	
F1 (♂КБ × ♀Л)	Среднее	13,33	12,54	0,04
	Ст. ошибка	0,41	0,22	
	Дисперсия	3,00	2,36	

Таким образом, результаты проведенных исследований показали наличие достоверной связи полиморфизма гена ESR1 с многоплодием гибридных свиноматок F1. Однако при разработке селекционных программ необходимо учитывать, что для гибридов F1, полученных от свиноматок КБ, с лучшими показателями многоплодия связан генотип AB/ESR1, для гибридов F1, полученных от свиноматок породы ландрас, желательным будет генотип AA/ESR1.

На основании полученных результатов можно предположить, что эффект «желательного генотипа» по гену ESR1 передается по материнской линии. Проведение дальнейших исследований на гибридных свиноматках F1 позволит оценить воспроизводимость полученных результатов в различных производственных условиях.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект №40.91.2014/К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Колосов А.Ю., Широкова Н.В., и др. Оценка силы статистического влияния полиморфизма гена ESR1 на воспроизводительные признаки свиней // *Аграрный вестник Урала.* 2016. № 2 (144). С. 17–19.

Леонова М.А., Гетманцева Л.В., Колосов А.Ю. Распределение частот аллелей и генотипов гена лейкемия ингибирующего фактора у свиней различных пород // *Современные проблемы науки и образования.* 2015. № 2. С. 534.

Мамонтов С.Н., Гетманцева Л.В., и др. Разработка современных методов селекции свиней в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» // *Свиноводство.* 2015. № 5. С. 35–37.

Рудник О.А. Современные представления о механизмах работы эстрогеновых рецепторов // *Медицинский журнал*. 2005. № 3. URL: http://www.bsmu.by/medicaljournal/category13

Coleman K.M., Smith C.L. Intracellular signaling pathways: nongenomic actions of estrogens and ligand-independent activation of estrogen receptors. *Front Biosci.* 2001. 6: D1379-91.

Klimenko A., Getmantseva L., et al. Effects of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia. *American Journal of Agricultural and Biological Science.* 2014. Vol. 9. No 2. P. 232–237.

Kuiper G.G.J.M., Enmark E., et al. Cloning of a novel estrogen receptor expressed in rat prostate and ovary. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1996. 93: 5925–5930.

Mihailov N.V., Getmantseva L.V.,et al. Associations between PRLR/AluI gene polymorphism with reproductive, growth and meat traits in pigs. *Cytology and Genetics*. 2014. Vol. 48. No 5. P. 323–326.

Rybalko V.P., Semenov V.V., et al. Polymorphism of H-FABR and ESR genes and their role in forming productivity of pig meat breeds. *Russian Agricultural Sciences*. 2012. Vol. 38. No 5–6. P. 393.

Suwanasopee T., Thengpimol P., et al. Effect of Estrogen Receptor (ESR) genotypes on litter size and weaning to estrus interval in a Thai commercial swine population. In: *Proc 14th AAAP Animal Science Congress, 23–27 August 2010, Pingtung, Taiwan.* P. 171.

Wang W., Li Y., et al. Association of an oestrogen receptor gene polymorphism in Chinese Han women with endometriosis and endometriosis-related infertility. *Reprod Biomed Online*. 2013. 26(1): 93–8.

СКРИНИНГ СЕЛЕКЦИОННОГО И КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОГО И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ И ГЕЛЬМИНТОСПОРИОЗНЫМ ПЯТНИСТОСТЯМ

Е.С. Дорошенко, П.И. Костылев, Н.В. Шишкин

Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
katyalevchenko1@mail.ru

Мировое производство продукции растениеводства, в том числе и в России, ориентировано на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, а селекция на устойчивость к патогенам является наиболее экономичным и экологически чистым методом. Расширение возделывания устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур является острой проблемой таких технологий.

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – универсальная культура по распространению и использованию. По производству и занятым под этой культурой площадям Россия занимает первое место в мире [Сортовые ресурсы … 2010]. В вопросе эффективности возделывания ячменя, как озимого, так и ярового, проблема поражения болезнями является одним из наиболее значимых факторов. Потери урожая из-за поражения мучнистой росой и гельминтоспориозными пятнистостями составляют от 10 до 50 %. Вредоносность болезней состоит не только в прямых потерях урожая из-за сниженного фотосинтеза растений, но и в снижении качества зерна, что делает его непригодным для получения солода в пивоваренной промышленности. Кроме того, гемибиотрофные патогены являются токсинообразующими грибами, что усиливает их вредоносность как при патогенезе, так и при использовании ячменя в пищевой, пивоваренной промышленности и в кормопроизводстве [Лашина, 2015]. А в связи с изменением климатических условий в сторону потепления увеличилась частота эпифитотий всех листостебельных болезней.

В 2014–2015 гг. на полях лаборатории иммунитета Всероссийского научно-исследовательского института зерновых культур им. И.Г. Калиненко нами были изучены селекционные и коллекционные образцы озимого и ярового ячменя с целью выявить имунные и высокоустойчивые к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям для дальнейшей селекции. По озимому ячменю нами было изучено 196 образцов, из них 92 коллекционных, контролем являлся восприимчивый сорт Тигр. По яровому ячменю изучали 239 образцов (116 из них коллекционных) на устойчивость к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям, контроль – восприимчивый сорт Гонар.

В эксперименте использовали основные методики и схемы, общепринятые в селекционных центрах страны. Инфекционные участки закладываются по методике ВИЗР [1987], Ригиной [1972].

Образцы озимого и ярового ячменя высевали одно- или двухрядковыми делянками длиной 1 м, в ярусе длиной 16 м. Площадь делянок составила 0,3–0,7 м^2 в одной повторности с высевом через каждые двадцать номеров восприимчивых сортов.

Оценку устойчивости к мучнистой росе проводили по шкалам: интенсивность поражения – по Т.И. Захаровой [1987], тип реакции – по Майнсу и Дитцу [1930].

Учеты развития пятнистостей листьев ячменя проводили в динамике, начиная с фазы выхода в трубку до молочно-восковой спелости по методике О.С. Афанасенко.

Погодные условия отчетного года сложились благоприятно для проявления гельминтоспориозных пятнистостей на озимом и яровом ячмене. В этом году мы наблюдали преобладание в распространении темно-бурой пятнистости (возбудитель гриб *Cochliobolus sativus*)

над сетчатой (возбудитель *Pyrenophora teres)*. Несмотря на достаточное количество влаги в весенне-летний период, проявление мучнистой росы было слабым.

Из 196 изучаемых образцов озимого ячменя имунных и высокоустойчивых образцов выявлено не было, весь материал в разной степени поражался гельминтоспориозными пятнистостями (рис. 1).



Рис. 1. Распределение по устойчивости к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям образцов озимого ячменя

Восприимчивый сорт Тигр имел 4-балльное поражение гельминтоспориозными пятнистостями, 49 изучаемых образцов имели высокую восприимчивость на уровне с ним. Относительно устойчивыми являлись 18 образцов сортов Секрет, Козырь 1330-1, Янус/313-3/ Козырь, 349/1, Паттерн, Эспара, Достойный и др.

При слабом проявлении мучнистой росы восприимчивый сорт Гонар имел 2-балльное поражение, восприимчивых и высоковосприимчивых сортов выявлено не было. Основная масса, а именно 189 образцов, не имели признаков проявления болезни, 5 высокоустойчивых и 1 относительно устойчивый сорт.

Из 239 образцов ярового ячменя высоковосприимчивых к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям сортов не выявлено (рис. 2).

По устойчивости к мучнистой росе выделяются 198 иммунных образцов, 30 высокоустойчивых и 8 относительно устойчивых. Восприимчивый сорт в отчетном году имел трехбалльную оценку, три сорта поражались на уровне с ним: Зерноградский 1599, Зерноградский 1605, Мрия.



Рис. 2. Распределение по устойчивости к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям образцов ярового ячменя

Имунными к гельминтоспориозным пятнистостям являлись 8 образцов: Грейс, Prostor, Зерноградский 1610, Галактика, Гетман и др. Остальные образцы распределились по разной степени восприимчивости следующим образом: 69 высокоустойчивых, 126 относительно устойчивых и 36 восприимчивых.

Комплексной устойчивостью к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям обладали сорта: Зерноградский 1524, Зерноградский 1507, Зерноградский 1610, Зерноградский 385, Казер, Дончак, Символ, Задонский 8.

Выделившиеся в исследовании образцы рекомендованы и отобраны для использования в скрещиваниях и дальнейшей селекционной работе на устойчивость к гельминтоспориозным пятнистостям и мучнистой росе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасенко О.С. *Методическое указание по диагностике и методам полевой оценки устойчивости ячменя к возбудителям пятнистостей листьев*. Ленинград; Пушкин, 1978. С. 10–11.

Афанасенко О.С., Мироненко Н.В., и др. Методологическое обеспечение селекции ячменя на устойчивость к пятнистостям листьев // *Технологии создания и использования сортов и гибридов с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам в защите растений*. 2010. С. 217–228.

Гешеле Э.Э. *Основы фитипатологической оценки в селекции растений*. М.: Колос, 1978. 206 с.

Гультяева Е.И., Левин М.М., и др. Болезни зерновых культур в Северо-Западном регионе России // *Защита и карантин растений*. 2007. № 6. С. 15–16.

Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М.: Колос, 1985. 336 с.

Лашина Н.М. *Создание дигаплоидов ячменя как исходного материала для селекции сортов с групповой устойчивостью к болезням:* автореф. дис. … канд. биол. наук / Всероссийский НИИ защиты растений. СПб., 2015.

Сортовые ресурсы зернофуражных культур Нечерноземной зоны России (*каталог*) / под ред. Г.А. Баталовой, Н.Н. Зезина; ГНУ Уральский НИИСХ. Екатеринбург, 2010. 175 с.

Mains E.B., and Dietz S.M. Physiologic forms of barley mildew, erysiphe graminis hordei marchal. *Phytopathology*. 1930. Vol. 20. P. 229–239.

МАКРОЭПИФИТОН КУЛЬТИВИРУЕМОЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВОДОРОСЛИ *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta)

И.К. Евстигнеева, И.Н. Танковская

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
Logrianin@nm.ru

Процесс выращивания макрофитов всегда сопровождается развитием макроэпифлоры, вступающей в конкурентные взаимодействия с базовой культурой. Наблюдения за развитием альгообрастателей в контролируемых условиях могут способствовать поиску и разработке способов борьбы с нежелательным явлением. Для успешности такой борьбы и эффективного управления процессами культивирования гидробионтов также необходимы знания экологических особенностей водорослей обрастания [Левенец, 2008]. Известным объектом культивирования является черноморская агаросодержащая макроводоросль *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva. Экспериментальное изучение особенностей роста гелидиума, проводимое в Институте морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского, стало сопровождаться исследованиями состава, структуры, экологических особенностей и динамики эпифлоры, развивающейся на базовой культуре.

Материал и методы. Материалом послужили пробы макроальгообрастания, собранного со слоевищ культивируемой красной водоросли *Gelidium spinosum.* Выращивание гелидиума проводили на установке, описанной в работе [Беляев, 2001] при заданном режиме освещенности, температуры, солености и состава питательной среды. Особенностью экспериментов было введение в рабочие объемы, кроме контрольных, солей меди и магния в трех концентрациях. Очистку гелидиума от эпифитов осуществляли в процессе четырех съемок. Дата первой съемки соответствовала примерно месячной экспозиции гелидиума, последующие за этим три съемки проводили с интервалом в неделю. После каждой съемки пробы эпифитов передавали на эколого-таксономический анализ авторам данной работы.

Идентификацию видового состава эпифитов проводили по определителю [Зинова, 1967] с учетом последних номенклатурных изменений [Guiry M.D., Guiry G.M., 2015], а экологического – по опубликованным и неопубликованным данным А.А. Калугиной-Гутник [Калугина-Гутник, 1975]. На основе полученных данных рассчитывали коэффициенты встречаемости (R, %) и сходства видов по Жаккару [Розенберг, 2005]. Для выявления степени изменчивости видового состава и фитомассы применяли шкалу Г.Н. Зайцева, основанную на учете значений коэффициента вариации C [Зайцев, 1990].

Результаты и обсуждение. Обрастатели гелидиума в видимых количествах были обнаружены спустя примерно месяц во всех экспериментах, кроме контрольных. Через неделю и до конца экспозиции базовой культуры эпифиты встречались повсеместно.

В течение всего срока экспозиции гелидиума в его обрастании были обнаружены макроводоросли 14 видов: 6 видов Chlorophyta (Ch), 3 вида Phaeophyta (Ph) и 5 видов Rhodophyta (Rh). Среди родов наибольшим разнообразием отличался род *Ulva* Linnaeus (4 вида), тогда как остальные были представлены одним видом.

Коэффициент встречаемости обнаруженных видов в пределах экспериментального поля и безотносительно к конкретным съемкам варьировал от 12 до 100 % с максимумом у *Cladophora albida* (Nees) Kütz., *Ulva flexuosa* Wulf., *Ulva intestinalis* (L.) Nees (все из Ch) и у *Ectocarpus siliculosus* Dillw.) Lyngb. (из Ph).

Общее число видов в границах экспериментального поля менялось от 6 до 11, достигая в среднем 8±1 таксон. Соответствующий таким изменениям коэффициент C (22 %) свидетельствовал о «нижней» норме изменчивости признака. Наибольший размах вариабельности видового состава эпифитов был обнаружен у Rh, наименьший – у Ph. При этом изменчивость видового состава Rh по шкале Г.Н. Зайцева относилась к «значительной», у других отделов – к «нормальной».

За весь период экспозиции базовой культуры в опытах с применением соли меди и в контроле видовое разнообразие Ch было одинаково ниже, чем в опытах с солью магния. Возможно, в этом проявилась высокая чувствительность зеленых водорослей к ионам меди, обладающей как стимулирующими, так и ингибирующими свойствами в отношении ряда организмов [Полищук, 1975]. Кроме того, известно, что медь находится в антагонизме с железом, присутствующим в питательной среде для гелидиума. У Ph в опытах с медью, наоборот, было отмечено более интенсивное развитие, чем в опытах с магнием. В контроле без участия меди и магния отклик Ph был неоднозначным. Эпифиты отдела Rh проявили реакцию, сходную с таковой у видов Ch. Их видовое разнообразие в присутствии меди было несколько ниже, чем в опытах с магнием.

Видовой состав эпифлоры в разных экспериментах совпадал на 63±4 %. Наиболее выраженное сходство проявлялось в опытах с медью. Установлено, что альгообрастание при высокой концентрации соли меди обладало наименьшим сходством с составом эпифитов в контролях (коэффициент Жаккара 42 и 44 % соответственно).

Полученные результаты наблюдений и расчетов позволяют сделать предположение о том, что ионы магния оказывают более плодотворное влияние на развитие эпифитной флоры, чем ионы меди.

Опишем динамику видового состава альгообрастания с учетом времени экспозиции базовой культуры. После первой съемки среди обрастателей присутствовали 7 видов водорослей: 4 Ch, 2 Ph и 1 Rh. Ch преобладали не только по числу видов, но по уровню встречаемости в границах экспериментального поля (R = 75 %). Ph появились в условиях наибольшей для экспериментов концентрации солей меди и магния. Rh были обнаружены в эпифлоре в условиях с низкой концентрацией меди, а также со средней и низкой концентрацией магния.

Спустя неделю (вторая съемка) на талломах гелидиума 30–31-дневной экспозиции обрастание развивалось во всех рабочих объемах. Оно включало 10 видов, распределившихся между отделами примерно поровну. К этому моменту встречаемость Ch и Ph достигает максимума, а у Rh снижается вчетверо. Сокращение числа видов Ch на 1 таксон не повлияло на их позицию доминантов обрастания. Исключение составила ситуация в опыте со средней концентрацией соли меди, где эту же роль они выполняли совместно с Ph. В остальных опытах Ph был представлен одним видом. Видовое разнообразие Rh увеличилось вчетверо. Обнаруженные ранее виды по-прежнему присутствовали в обрастании гелидиума второй съемки, что и обеспечило сходство его состава на 55 %. Причиной этого может быть несовершенство механической очистки талломов гелидиума и способность ряда видов формировать новые структурные элементы на месте утраченных.

В обрастании, полученном после третьей съемки, присутствовали 8 видов, что на 2 вида меньше, чем после второй. Видовое соотношение отделов (3 Ch : 2 Ph : 3 Rh) свидетельствовало о примерно равном вкладе каждого в общую структуру обрастания. При этом число видов Ch осталось без изменения, а у других отделов снизилось на таксон. В этот период встречаемость видов Ch и, за небольшим исключением, их численное доминирование оставались прежними. У видов Ph встречаемость в пределах экспериментального поля снизилась до 63 %, а у Rh возросла до 88 %. У последних был зафиксирован случай численного превосходства в опыте с минимальной концентрацией магния. По сравнению с результатами первой съемки число видов Ph осталось неизменным, а у Rh увеличилось втрое. Коэффициент Жаккара для обрастания второй и третьей съемок составил 64 %.

В четвертую съемку, когда срок экспозиции базовой культуры достиг полутора месяцев, альгообрастание отличалось самым высоким числом видов (79 % всех обнаруженных эпифитов). Такой же уровень разнообразия был характерен для Ch, тогда как Ph во всех опытах был представлен одним видом. Rh отсутствовали только в опытах с высокой концентрацией меди и в одном из контролей. Видовое соотношение отделов выглядело как 6 Ch : 1 Ph : 4 Rh. Сходство видовых списков эпифитов в последние две съемки было наименьшим за весь период наблюдений (46 %).

Среднее за съемку число видов обрастателей равнялось 9±2, а изменчивость самого показателя во времени была незначительной («нижняя» норма). Среднее число видов Ch превосходило

подобное у других отделов (4±1), и особенно по отношению к Ph. Rh занимал промежуточное положение и отличался более высокой изменчивостью («значительная») показателя. Вариабельность видового состава других отделов во времени носила «верхненормальный» характер.

Экологический анализ показал, что по отношению к факторам среды водоросли, поселяющиеся на гелидиуме, распределялись между 12 экологическими группами, известными для фитобентоса Черного моря. Среди них не было только пресноводно-солоноватоводных видов. Большинство идентифицированных видов принадлежало к солоноватоводно-морской, однолетней, мезосапробной и сопутствующей группам. За всю экспозицию в каждом эксперименте перечень доминирующих групп эпифитов почти не менялся. Доля их видов варьировала – от 45 до 75 %. Отмечено, что в опытах с медью среди обрастателей не было многолетников, а с магнием и в контроле – редких видов. Среднее число видов в доминирующих группах (4,3±0,5–5,3±0,8) вдвое превышало такой же показатель в остальных группах. Число видов в разных экогруппах в пределах экспериментального поля изменялось по трем типам («нормальный», «значительный», «аномальный») с преобладанием «нормального» и особенно его подтипа – «верхняя» норма. «Значительные» преобразования видового разнообразия эпифитов испытывали морская, ведущая, олигосапробная группы, а «аномально» высокие – многолетняя.

Показано, что в опытах с участием магния видовое разнообразие более половины всех экогрупп было на 20–40 % выше (и даже более), чем в опытах с медью.

Фитомасса водорослей, поселившихся на гелидиуме, варьировала от 0,06 г (опыт с медью средней концентрации) до 0,905 г (опыт с магнием низкой концентрации), составляя в среднем для экспериментального поля 0,30±0,08 г. Изменчивость признака по шкале Г.Н. Зайцева оценивалась пятью баллами («большое» варьирование). Средние параметры фитомассы в экспериментах с медью и магнием почти не различались. Чаще максимум фитомассы обрастания приходился на вторую и четвертую съемки, минимум – на первую.

Основными продуцентами альгообрастания гелидиума стали пять видов: 3 Ch (*U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *C. albida*), 1 Ph (*E. sliculosus*) и 1 Rh (*Kylinia virgatula* (Harv.) Papenf.). Состав доминантов менялся во времени. В первую и третью съемки среди них преобладали виды Ch, во вторую они сочетались с Ph, а в четвертую доминанты были представлены тремя отделами.

Заключение. В состав обрастания культивируемого гелидиума входили 14 видов макроводорослей трех отделов в соотношении 6 Chlorophyta : 3 Phaeophyta : 5 Rhodophyta. Константными компонентами эпифлоры являлись *C. albida*, *U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *E. siliculosus*. Среди обрастателей доминировали солоноватоводно-морские, однолетние, мезосапробные и сопутствующие виды. Изменения видового состава эпифлоры во времени были незначительными и по шкале Г.Н. Зайцева носили «нормальный» характер.

К концу экспериментов альгообрастание включало наибольшее число видов, среди которых главенствовали зеленые водоросли, бурых было очень мало.

Средняя фитомасса эпифитов в обоих типах эксперимента была примерно одинаковой. Основными продуцентами среди обрастателей были *U. flexuosa*, *U. intestinalis*, *C. albida*, *E. sliculosus*, *K. virgatula*.

Показано, что ионы магния оказывают более плодотворное влияние на развитие эпифлоры, чем ионы меди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беляев Б.Н. Оптимизация условий культивирования черноморской красной водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta) // *Альгология*. 2006. Т. 16. № 3. С. 293–303.

Зайцев Г.Н. *Математика в экспериментальной ботанике*. М.: Наука, 1990. 296 с.

Зинова А.Д. *Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР*. М.; Л.: Наука, 1967. 397 с.

Калугина-Гутник А.А. *Фитобентос Черного моря*. Киев: Наук. думка, 1975. 248 с.

Полищук Р.А. О механизме альгицидного действия некоторых тяжелых металлов // *Биология моря*. 1975. Вып. 35. С. 52–58.

Розенберг Г.С. *Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посв. памяти А.И. Баканова*. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. 220 с.

Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: http: //www.algaebase.org. Searched on 07 May 2015

ПОЛИМОРФИЗМ ДНК-МАРКЕРОВ У СВИНЕЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ

М.А. Леонова[1], А.В. Усатов[1], Л.В. Гетманцева[2], А.В. Радюк[2]

[1] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

[2] Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия

m.leonovaa@mail.ru

Генетический прогресс в свиноводстве может быть достигнут в результате комплексного применения традиционных методов селекции и современных ДНК-технологий с использованием молекулярно-генетических маркеров (генов), связанных с хозяйственно-полезными признаками. Благодаря большой роли, которую играют репродуктивные признаки в эффективности животноводства, многие исследования сфокусированы на изучении генов, влияющих на эти характеристики [Гетманцева и др., 2014; Мамонтов и др., 2015; Klimenko et al., 2014].

Гены лейкемия-ингибирующего фактора (LIF), рецептора пролактина (PRLR) и эстрогенового рецептора (ESR1) признаны генами-маркерами, влияющими на воспроизводительные качества свиней.

Фактор, ингибирующий лейкемию (LIF), является полифункциональным цитокином и осуществляет важные биологические функции. Он влияет на различные эндокринные ткани и типы клеток и играет важную роль процессе эмбриогенеза. С положительным влиянием на количество поросят при рождении и многоплодие у свиноматок связывают наличие аллеля А [Леонова, 2015].

Полиморфизм гена рецептора эстрогена (ESR1) находит все более широкое применение как генетический маркер воспроизводительной продуктивности в селекции свиней. С положительным влиянием на воспроизводительные качества свиноматок связывают наличие генотипа ВВ [Колосов и др., 2016].

Рецептор пролактина (PRLR) – это специфический рецептор гормона передней доли гипофиза пролактина, влияющий на многие физиологические процессы, в том числе и на репродуктивные функции. Ген рецептора пролактина был признан маркером плодовитости в свиноводстве благодаря своей роли в процессе воспроизводства, и желательным вариантом для свиней крупной белой породы рассматривают генотип ВВ [Леонова, 2015].

Для успешного внедрения генетических маркеров в селекционную работу необходимо определить генетическую структуру популяции и направление селекционного давления на распределение частот аллелей и генотипов, что позволит точнее, с учетом индивидуальных особенностей исследуемой популяции, разработать программу по генам-маркерам.

В связи с этим целью исследования стало изучение генетической структуры свиней крупной белой породы по генам LIF, PRLR и ESR.

Исследования выполняли на свиньях крупной белой породы (свиноматки – 130 гол., хряки – 26 гол.). Анализ проводили методом ПЦР-ПДРФ. Амплифицированные фрагменты генов LIF, PRLR и ESR расщепляли эндонуклеазами рестрикции DraIII, AluI и PvuII соответственно. По результатам молекулярно-генетического анализа определяли частоту аллелей и генотипов генов LIF и ESR у исследуемого поголовья.

Расчет генного равновесия выполняли для определения, сохранено ли генное равновесие в данной популяции животных по исследованному локусу или оно нарушено, что неизбежно возникает при проведении селекции. Теоретическое равновесие в популяции рассчитывали согласно закону Харди – Вайнберга. Соответствие фактических частот генотипов теоретически ожидаемым определяли по критерию $\chi 2$.

Анализ полиморфизма гена LIF в исследуемой популяции показал, что наибольшее распространение имеет аллель А и генотип АВ как у свиноматок, так и у хряков (табл. 1). Аллель В в основном закреплен в гетерозиготном генотипе, а гомозиготный генотип ВВ имеют только 6 свиноматок (8,5 %) и 2 хряка (8,0 %).

Таблица 1. Частота аллелей и генотипов у свиней крупной белой породы

Гены	Значения	Частота аллелей		Частота генотипов, %			$\chi 2$
		A	B	AA	AB	BB	
Свиноматки крупной белой породы							
LIF	Н	0,63	0,37	35,2	56,3	8,5	4,48*
	О			39,7	46,6	13,7	
PRLR	Н	0,28	0,72	0	27,5	72,5	20,14***
	О			7,84	40,32	51,84	
ESR	Н	0,38	0,62	7,5	61,2	31,3	8,86**
	О			14,44	47,12	38,44	
Хряки крупной белой породы							
LIF	Н	0,56	0,44	20,0	72,0	8,0	21,26***
	О			31,4	49,3	19,3	
PRLR	Н	0,14	0,86	0	28,0	72,0	2,65
	О			2,0	24,1	73,9	
ESR	Н	0,42	0,58	11,5	61,5	27,0	6,80**
	О			17,6	48,7	33,7	

Примечания: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001. Н – наблюдаемые частоты, О – ожидаемые частоты.

Ген PRLR в изучаемой выборке представлен двумя аллелями – А и В и двумя генотипами – гетерозиготным АВ и гомозиготным ВВ. По гену ESR у свиней крупной белой породы установлено два аллеля – А и В и три генотипа – АА, АВ и ВВ. Однако генотип АА имеет низкую частоту, а аллель А закреплена главным образом в гетерозиготном генотипе.

Расчет генного равновесия показал, что исследуемая популяция подвержена селекционному давлению. У свиноматок определено неравновесное состояние по всем изучаемым генам. Наибольшему влиянию подвержен аллель А гена PRLR, который заменяется аллелем В. По данному гену наблюдаемая гетерозиготность меньше ожидаемой, так как отбор направлен в пользу повышения гомозиготности. По гену LIF у свиноматок ожидаемая гетерозиготность превышает наблюдаемую, так как снижение генотипа ВВ происходит главным образом за счет перераспределения аллеля В в гетерозиготную форму. Аналогичная ситуация прослеживается и по гену ESR.

У хряков неравновесное состояние определено по генам LIF и ESR. При этом у хряков по гену LIF наблюдаемая гетерозиготность значительно превосходит ожидаемую, но при этом, в отличие от свиноматок, отмечается снижение общей гомозиготности (как по генотипу АА, так и по генотипу ВВ). По гену ESR отмечается сходная ситуация, повышение наблюдаемой гетерозиготности за счет снижения общей гомозиготности.

Таким образом, проведенные исследования показали наличие селекционного давления на распределение частот аллелей и генотипов генов LIF, PRLR, ESR в пользу аллелей и генотипов, связанных с повышением продуктивных качеств свиней. Так как фенотипическое проявление данных генов связано главным образом с признаками воспроизводительной продуктивности (количество поросят при рождении, многоплодие и т.д.), неравновесное состояние, направленное в сторону снижения нежелательных гомозиготных генотипов, более четко прослеживается у свиноматок.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 40.91.2014/К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гетманцева Л.В., Леонова М.А., и др. Взаимосвязь полиморфизма гена LIF/DRAIII с продуктивными качествами свиней // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.* 2014. № 3. С. 36–39.

Колосов А.Ю., Широкова Н.В., и др. Оценка силы статистического влияния полиморфизма гена ESR1 на воспроизводительные признаки свиней // *Аграрный вестник Урала.* 2016. № 2 (144). С. 17–19.

Леонова М.А. *Оценка продуктивности свиней различных генотипов по генам LIF, MC4R,PRLR:* дис. … канд. с.-х. наук. Персиановский, 2015. 137 с.

Леонова М.А., Гетманцева Л.В., Колосов А.Ю. Распределение частот аллелей и генотипов гена лейкемия ингибирующего фактора у свиней различных пород // *Современные проблемы науки и образования.* 2015. № 2. С. 534.

Леонова М.А., Гетманцева Л.В., Усатов А.В. Роль гена пролактина и его рецептора в формировании признаков продуктивности сельскохозяйственных животных // *Генетика и разведение животных*. 2014. № 4. С. 37–39.

Мамонтов С.Н., Гетманцева Л.В., и др. Разработка современных методов селекции свиней в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» // *Свиноводство*. 2015. № 5. С. 35–37.

Klimenko A., Usatov A., et al. Effect of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2014. Vol. 9. Iss. 2. P. 232–237.

АНАЛИЗ НАСЛЕДОВАНИЯ ШИРИНЫ ФЛАГОВОГО ЛИСТА У ГИБРИДОВ F_2 МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

О.А. Некрасова, П.И. Костылев, Е.И. Некрасов

Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
nekrasova_olesya@rambler.ru

В будущем сельскохозяйственному производству понадобятся сорта пшеницы с потенциалом урожайности более 10 т/га. В настоящее время пока не созданы формы, способные в полевых условиях давать такие урожаи, однако исследования ученых дают возможность построить модели сортов такого типа. Главным признаком этих сортов будет слабая конкуренция за свет в посеве. Сорта с повышенным потенциалом урожайности зерна будут способны развивать более 900 колосьев на 1 м^2 без существенного затенения продуктивных побегов. Это будут растения со слаборазвитой листовой поверхностью. Особую значимость здесь приобретает проблема увеличения продуктивности одного колоса растения при уменьшении площади листьев путем создания новых рекомбинаций генов [Парамеш, 1984].

Ширина флагового листа непосредственно связана с продуктивностью растений злаков. По данным Д.М. Марченко [2012], ширина флагового листа озимой мягкой пшеницы положительно коррелировала с урожайностью (r=0,33±0,10), массой и числом зерен с колоса (r=0,54±0,09 и r=0,52±0,09 соответственно), длиной колоса (r=0,36±0,10), числом колосков с колоса (r=0,52±0,09). По данным S. Dere [2006], ширина флагового листа положительно коррелировала с его длиной (r=0,803).

В исследованиях S.N. Nigam и J.P. Srivastava [1976] наследование размеров флагового листа происходило по типу частичного доминирования.

В исследованиях Л.П. Филобок [1993] наблюдалось промежуточное наследование ширины флагового листа с уклонением в сторону родителя с большим значением признака. Степень доминирования (hp) по ширине листа варьировала от 0,25 до 0,50. По данным Ф.А. Колесникова [1997], различия по ширине флагового листа определялись двумя генами и отборы по этому признаку были эффективны в ранних поколениях.

Длина и ширина флагового листа в исследованиях Ю.В. Чеснокова и др. [2012] контролировались QTL, расположенными в разных хромосомах. Идентифицированные QTL картировались преимущественно в 5B и 6B хромосомах.

Цель работы – анализ расщепления гибридных форм озимой мягкой пшеницы F_2 по ширине флагового листа.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа Всероссийского научно-исследовательского института зерновых культур имени И.Г. Калиненко. Были изучены 10 гибридов F_2 от диаллельных скрещиваний сортов и линий озимой мягкой пшеницы Бунчук, Кипчак, 1421/06 под рабочим названием Луиза, 696/98 под рабочим названием Эмма. Посев гибридов F_2 производили вручную в гибридном питомнике в одной повторности с использованием родительских форм в качестве стандартов. Генетический анализ количественных признаков проводили с помощью программы «Полиген А» [Мережко, 1984]. Анализировали по 150 растений родительских форм и по 200 – гибридов.

Результаты. Родительские формы пшеницы в наших исследованиях различались между собой по ширине флагового листа: Эмма – 1,32 см, Луиза – 1,43 см, Бунчук – 1,47 см, Кипчак – 1,57 см.

В реципрокных скрещиваниях сортов Кипчак × Бунчук родительские формы немного различались между собой по ширине флагового листа (на 0,1 см), что иллюстрируют кривые распределения частот (КРЧ) этого признака, вершины которых находились в соседних классах (рис. 1).

В процессе генетического анализа было установлено отсутствие доминирования, степень доминирования (hp) составила 0,05 и 0,01 соответственно. Различия между родительскими

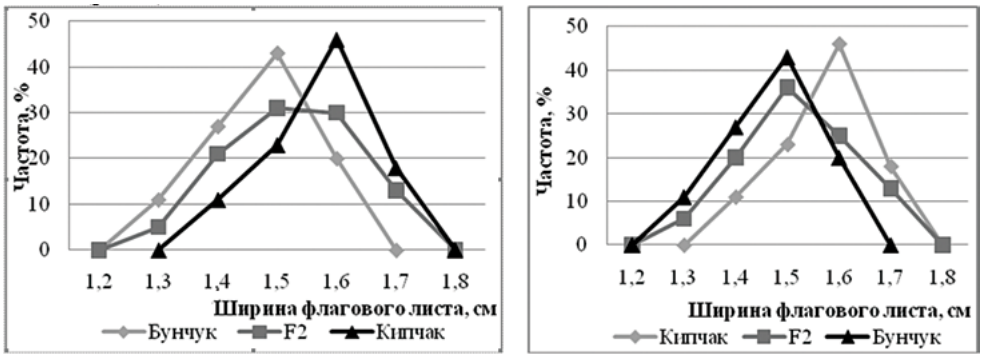


Рис. 1. Распределение частоты признака «ширина флагового листа» у гибридов F_2 Кипчак × Бунчук, Бунчук × Кипчак и их родительских форм

сортами были по одной паре генов, расщепление происходило в соотношении 1:2:1. Сила гена – 0,1 см.

В реципрокных комбинациях скрещивания Кипчак × Луиза и Луиза × Кипчак родительские формы различались по ширине флагового листа на 0,14 см (рис. 2). Как в прямом, так и в обратном скрещивании Кипчак × Луиза вершина КРЧ гибрида находилась между родительскими вершинами, несколько приближаясь к большему родителю (hp=0,36 и 0,32). Анализ данных с помощью программы «Полиген А» показал, что расщепление происходило в соотношении 1:2:1, что свидетельствует о моногенных различиях между родительскими сортами. Сила действия гена составила 0,14 см.

В комбинациях Кипчак × Эмма и Эмма × Кипчак родительские формы максимально в данной группе различались по ширине флагового листа – на 0,25 см. У гибридов КРЧ находи-

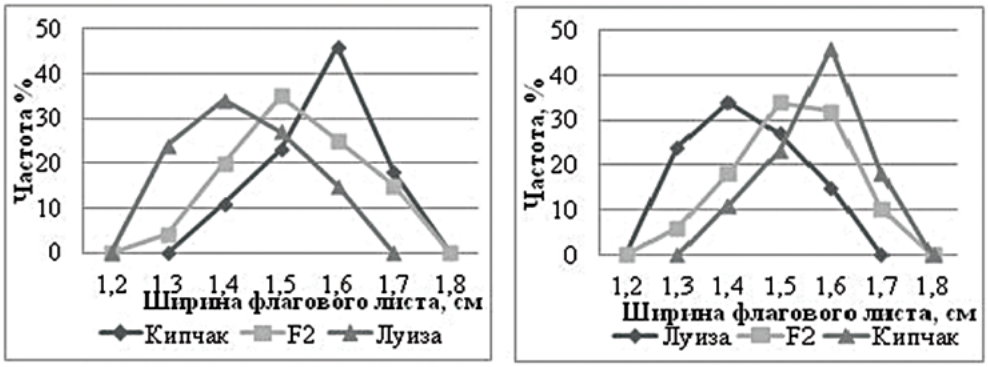


Рис. 2. Распределение частоты признака «ширина флагового листа» у гибридов F_2 Кипчак × Луиза, Луиза × Кипчак и их родительских форм

лись в пределах КРЧ родительских форм, а их вершины были смещены вправо, наблюдалось частичное доминирование больших значений признака, степень доминирования составила 0,50 и 0,33 (рис. 3). При анализе этих скрещиваний с помощью программы «Полиген А» обнаружено совместное действие двух генов, расщепляющихся в соотношении 1:6:9. Средняя сила действия гена составила 0,13 см.

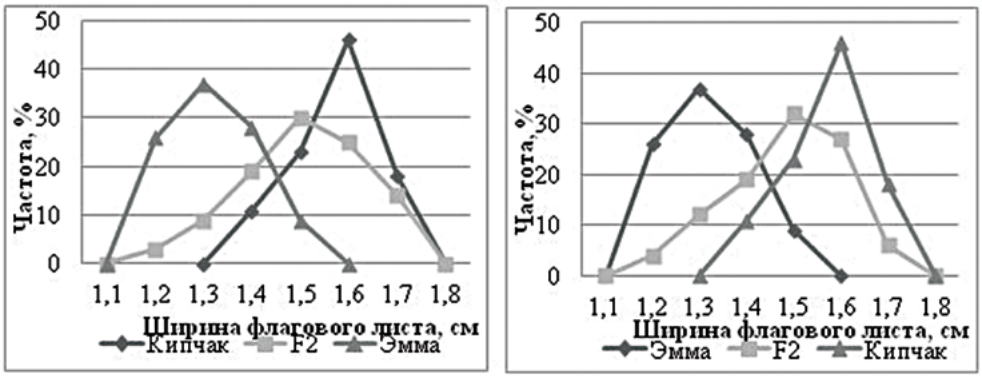


Рис. 3. Распределение частоты признака «ширина флагового листа» у гибридов F_2 Кипчак × Эмма и Эмма × Кипчак и их родительских форм

В комбинациях Бунчук × Эмма и Эмма × Бунчук родительские формы различались по ширине флагового листа на 0,15 см. Кривая распределения частот гибрида второго поколения как в прямой, так и обратной комбинации находилась в пределах изменчивости родительских форм (рис. 4). Наблюдалась незначительная правосторонняя асимметрия. Вершины КРЧ гибрида находились в одном классе с вершиной большего родителя Бунчук, наблюдалось неполное доминирование больших значений признака (hp=0,7 и 0,84 соответственно). Расщепление происходило в соотношении 1:3, что свидетельствует о моногенных различиях между родительскими сортами. Сила действия гена составила 0,15 см.

В комбинации Бунчук × Луиза родительские формы минимально в данной группе различались по ширине флагового листа. Кривая распределения частот гибрида сместилась в сторону

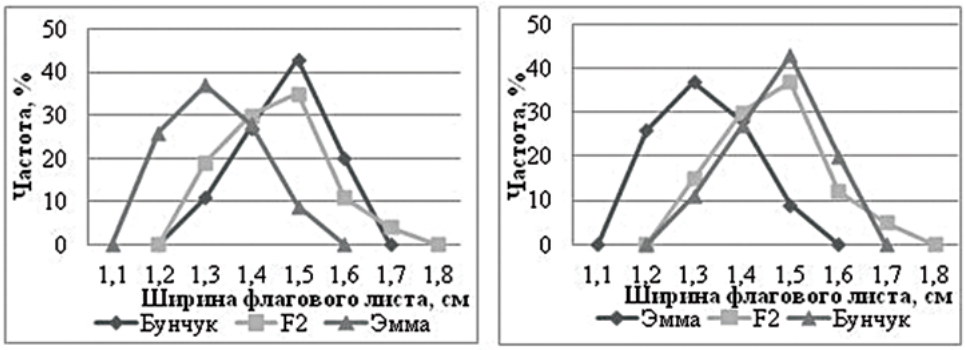


Рис. 4. Распределение частоты признака «ширина флагового листа» у гибридов F_2 Бунчук × Эмма, Эмма × Бунчук и их родительских форм

большей родительской формы Бунчук (рис. 5а) вследствие неполного доминирования большего значения признака (hp=0,66). Было установлено расщепление в соотношении 1:3, что свидетельствует о моногенной схеме наследования. Сила действия гена составила 0,04 см.

В комбинации Луиза × Эмма родительские формы несущественно различались по ширине флагового листа – на 0,11 см. Вершина распределения частот гибрида находилась в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительской формы Луиза (рис. 5б). У гибрида наблюдали неполное доминирование признака (hp=0,9), расщепление происходило по моногенной схеме 1:3, сила действия гена составила 0,11 см.

Выводы. **1**. Анализ гибридов второго поколения от диаллельного скрещивания между 4 сортами озимой мягкой пшеницы показал, что различия по ширине флагового листа об-

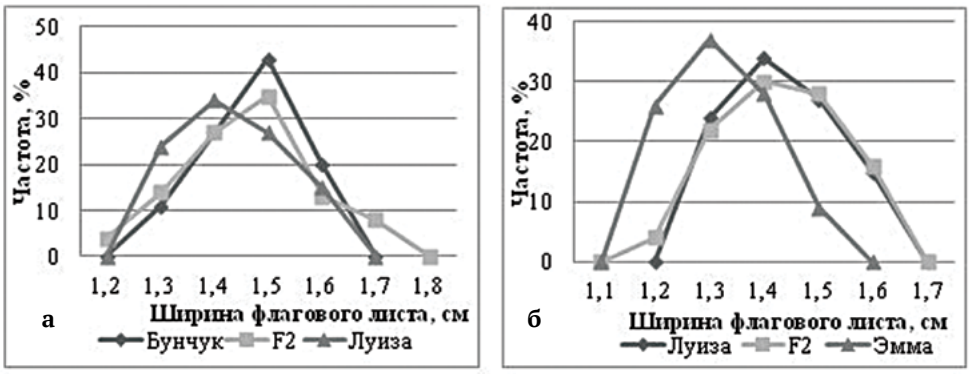


Рис. 5. Распределение частот признака «ширина флагового листа» у гибридов F_2 Бунчук × Луиза (а), Луиза × Эмма (б) и их родительских форм

условлены небольшим количеством генов разной силы, то есть 1–2 парами. **2**. Установлено неполное, частичное доминирование большего значения признака или его отсутствие, степень доминирования (hp) варьировала от 0,01 до 0,90. **3**. По аллельному состоянию одного локуса различались между собой сорта Бунчук и Кипчак, Бунчук и Луиза, Кипчак и Луиза, Эмма и Луиза, двух локусов – Эмма и Кипчак.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Колесников Ф.А. *Селекция озимой мягкой пшеницы на продуктивность и высокое качество зерна*: автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. Краснодар, 1997. 49 с.

Марченко Д.М. *Изучение взаимосвязи морфобиологических признаков мягкой озимой пшеницы с зерновой продуктивностью:* автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Рассвет, 2012. 22 с.

Парамеш Н. *Исходный материал и особенности селекции слабо конкурентоспособных форм пшеницы и тритикале*: дис. … канд. с.-х. наук. Краснодар, 1984. 276 с.

Филобок Л.П. *Селекционная ценность озимой мягкой пшеницы с различными параметрами листьев*: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Краснодар, 1993. 24 с.

Чесноков Ю.В., Гончарова Э.А., и др. Идентификация и картирование QTL физиолого-агрономических признаков яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) в градиенте доз азотного питания // *Сельскохозяйственная биология*. 2012. № 3. С. 47–60.(S)

Dere S., Yildirim M. Inheritance of grain yield per plant, flag leaf width, and length in an 8 × 8 diallel cross population of bread wheat (*T. aestivum L.*). *Birkan Turkish Journal of Agriculture & Forestry*. 2006. Vol. 30. Iss. 6. P. 339.

Nigam S.N., Srivastava J.P. Inheritance of leaf angle in Triticum aestivum. *Euphytica*. 1976. Vol. 25. P. 457–461.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУСТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

М.В. Пахомов, А.Л. Михайлюк

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск, Россия
pachomov@mmbi.info

Поведенческие реакции позволяют полностью оценить весь зрительный процесс, от рецепции до изменения поведения, и поэтому являются самыми информативными и объективными методами исследования такого процесса, как цветовое зрение ластоногих. Использование методов оценки поведенческих реакций позволило установить способность к различению цветов у ряда видов ластоногих: капского морского котика (*Arctocephalus pusillus*), южноамериканского морского котика (*Arctocephalus australis*) [Scholtyssek, Dehnhardt, 2013] и калифорнийского морского льва (*Zalophus californianus*) [Griebel, Schmid, 1992], гренландского, обыкновенного и серого тюленей [Lavigne, Ronald 1975; Wartzok, McCormick, 1978].

Анализ публикаций, доказывающих наличие цветового зрения у ластоногих, показывает, что подавляющее большинство исследований проводилось при естественном освещении либо в условиях научно-исследовательских аквакомплексов или открытых океанариумов. В то же время больше всего ластоногих содержится в закрытых океанариумах, и экспериментальные работы, в том числе и по изучению цветового зрения, проводятся с ними при искусственном освещении. Наиболее распространенным источником освещения в таких учреждениях являются люминесцентные лампы (из-за оптимального соотношения цены и качества), освещение их воспринимается глазом человека как близкое к дневному [Гвоздев и др., 2013]. Но, в отличие от естественного солнечного света, подобное освещение, во-первых, имеет резкие скачкообразные спектральные пики, во-вторых, испускается не непрерывно, а мерцает с удвоенной частотой питающей электросети (100–120 Гц) [Денисов, Мельников, 1983].

Современные теории цветовосприятия и их математическое выражение – теории машинного зрения – показывают, что информацию о цвете объекта зрительные системы получают путем вычитания информации о спектральном составе источника освещения из общей информации, поступившей на визуальный сенсор [Davies, 2004]. Таким образом, важную роль в процессе цветовосприятия имеет именно знание спектральных характеристик источника освещения. И если в случае солнечного освещения зрительные системы живых организмов накапливают информацию в течение многих поколений, составляя своеобразную «калибровочную таблицу», то спектральные характеристики искусственного освещения зрительным системам животных неизвестна [Brown, 2016]. При освещении объекта «неизвестным» источником освещения возникают сложности в определении его цвета.

Ряд предыдущих исследований показали способность серых тюленей (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791), содержащихся на аквакомплексах ММБИ в Кольском заливе, дифференцировать объекты по признаку цветности при естественном освещении в 100–1600 Лк [Войнов и др., 2013; Ишкулов и др., 2013]. С 2015 г. представилась возможность изучать цветовосприятие этих же тюленей при искусственном освещении в помещении биофизического комплекса ММБИ – ПГИ (Полярный геофизический институт).

В эксперименте участвовали 4 половозрелые самки серого тюленя, которые были разделены на две группы: экспериментальная – особи 1 и 2 обучались дифференцировке при искусственном освещении, контрольная – особи 3 и 4 обучались дифференцировке при естественном освещении.

Тюленей обучали выбирать и отмечать касанием табличку черного цвета при демонстрации ее в паре с табличками красного и синего цвета. Таблички представляли собой квадраты из пластмассы размерами 20×20 см, которые крепились к штативу на расстоянии 40 см друг

от друга и были окрашены водостойкой краской. Использовали метод инструментального обучения с фиксированным положительным пищевым подкреплением.

Эксперимент проводился в условиях совместного биофизического комплекса ММБИ – ПГИ, в помещении Полярного геофизического института и аквакомплекса ММБИ в г. Полярный на акватории Кольского залива. В помещении биофизического комплекса освещение обеспечивалось потолочными светильниками с люминесцентными лампами ЛД 80 при общей освещенности 168 Лк. В условиях аквакомплекса экспериментальные исследования проводились в условиях естественного освещения в период начала сумерек, так, чтобы уровень общей освещенности соответствовал 150–200 Лк.

Оценивались скорость выработки дифференцировочного условного рефлекса на каждое сочетание при обучении и доля верных выборов при контрольных испытаниях.

Тюлени из экспериментальной группы содержались в бассейне биофизического комплекса ММБИ – ПГИ, где с ними проводили ряд экспериментальных работ, в том числе исследовали их цветовосприятие при искусственном освещении, по окончании исследовательских работ животные были возвращены на аквакомплекс ММБИ в г. Полярный, где с ними дополнительно была проведена серия исследований при естественном освещении. Контрольная группа тюленей постоянно находилась на аквакомплексе, все исследования с ней проводили при естественном освещении.

С каждым животным на каждое сочетание табличек (черная – красная и черная – синяя) проводили 15 обучающих тренировок по 20 демонстраций на каждой. Затем проводили по 10 контрольных испытаний на каждое сочетание табличек. Таким образом, для каждого животного были получены выборки по 300 испытаний при обучении и по 200 испытаний на каждое сочетание табличек. Для тюленей экспериментальной группы дополнительно была получена выборка в 200 испытаний на каждое сочетание при естественном освещении.

Анализ результатов эксперимента показал, что по критерию Манна – Уитни животные четко разделились на 2 группы по схожести результатов. Контрольная группа тюленей достоверно дифференцировала табличку черного цвета от красной на четвертой тренировке, черную от синей – уже на второй. Контрольная группа тюленей начинала достоверно дифференцировать черную табличку от красной только на 14-й тренировке, черную от синей – на восьмой (рис. 1).

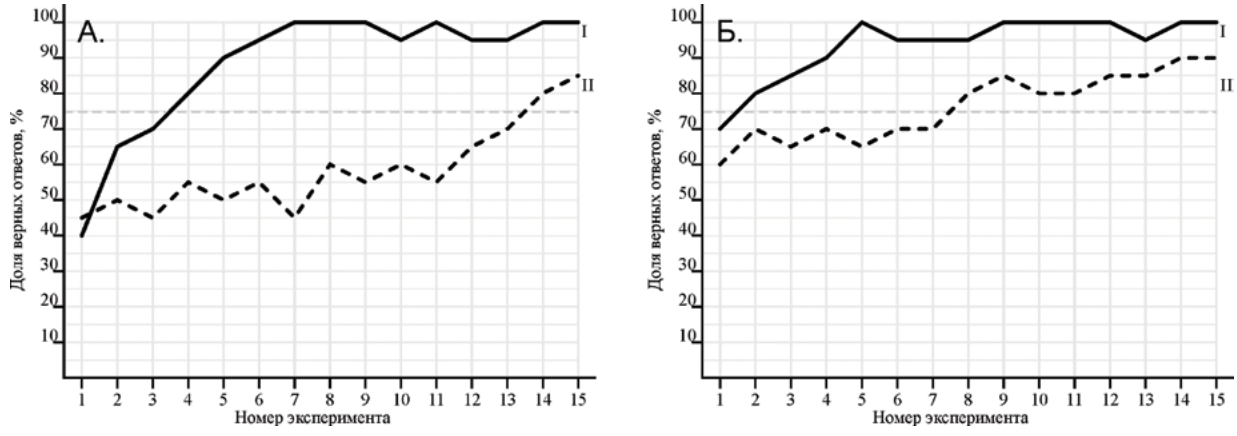


Рис. 1. Динамика обучения дифференцировке таблички черного цвета от табличек красного (А) и синего (Б) цвета. I – контрольная группа тюленей, II – экспериментальная группа тюленей

При проведении контрольных исследований доля верных ответов у контрольной группы составила 94,5 ± 0,5 % при дифференцировке таблички черного цвета от красной и 98,0 ± 1,0 % при дифференцировке таблички черного цвета от синей. У тюленей экспериментальной группы доля верных ответов составила 79,5 ± 2,5 % при дифференцировке таблички черного цвета от красной и 84,0 ± 3,0 % при дифференцировке таблички черного цвета от

синей. При проведении контрольных испытаний, когда тюлени экспериментальной группы были помещены в условия естественного освещения, доля верных ответов значительно выросла и стала сопоставима с результатами контрольной группы: 95,0 ± 0,5 % при дифференцировке таблички черного цвета от красной и 97,5 ± 0,5 % при дифференцировке таблички черного цвета от синей.

Динамика обучения и результаты контрольных испытаний при естественном освещении фактически аналогичны предыдущим исследованиям, в которых участвовали те же тюлени. Результаты экспериментальной группы в условиях естественного освещения также схожи с предыдущими результатами тюленей [Войнов и др., 2013; Ишкулов и др., 2013].

Эксперимент продемонстрировал, что при дифференцировке объектов по признаку цветности для серых тюленей важную роль играет источник освещения, и в первую очередь спектральный состав света.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Войнов В.Б., Зайцев А.А., и др. Сенсорные возможности арктических тюленей в морских биотехнических системах // *Вестник Южного научного центра*. 2013. Т. 9. № 4. С. 87–95.

Гвоздев С.М., Панфилов Д.И., и др. *Энергоэффективное электрическое освещение:* учебное пособие / под ред. Л.П. Варфоломеева. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 288 с.

Денисов В.П., Мельников Ю.Ф. *Технология и производство электрических источников света*. М.: Энергоатомиздат, 1983. 384 с.

Ишкулов Д.Г., Михайлюк А.Л., Пахомов М.В. Особенности цветовосприятия у серых тюленей // *Вестник КНЦ РАН*. 2013. № 4. С. 88–94.

Brown T.M. Using light to tell the time of day: sensory coding in the mammalian circadian visual network. *Journal of Experimental Biology*. 2016. Vol. 219. Iss. 12. P. 1779–1792.

Davies E.R. *Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. Morgan Kaufmann, 2004. 934 p.

Griebel U., Schmid A. Color vision in the California sea lion (*Zalophus californianus*). *Vision Research*. 1992. Vol. 32. Iss. 3. P. 477–482.

Lavigne D.M., Ronald K. Pinniped visual pigments. *Comparative Biochemistry and Physiology. Pt. B: Comparative Biochemistry*. 1975. Vol. 52. No 2. P. 325–329.

Scholtyssek C., Dehnhardt G. Brightness discrimination in a South African fur seal (*Arctocephallus pusillus*). *Vision Research*. 2013. Vol. 84. P. 26–32.

Wartzok D., McCormick M.G. Color discrimination by a Bering Sea spotted seal, Phoca largha. *Vision Research*. 1978. Vol. 18. P. 781–784.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПА РОСТА ЛИЧИНОК РАПАНЫ *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ КОРМА И ПЛОТНОСТИ ИХ ПОСАДКИ

А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И. Холодов

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
maricultura@mail.ru

Брюхоногий моллюск *Rapana venosa*, питающийся двустворчатыми моллюсками, представляет серьезную угрозу для развития мидиеводства и устрицеводства на Черном море. В то же время в причерноморских странах рапана является промысловым видом [Бабушкина, Крылова и др., 1983; Gűven, Yacizi et al.,1999] и представляет экономический интерес как потенциальный объект выращивания. Мясо рапаны используется в качестве диетического продукта и как источник биологически активных веществ – полиненасыщенных жирных кислот, витаминов Е и D. Из рапаны готовят препараты, применяемые в медицине и в косметологии [Badiu et al., 2010]. Изучение роста и питания *R. venosa* становится актуальным при разработке методов искусственного выращивания. Данные по темпу роста личинок рапаны в зависимости от основных факторов среды отсутствуют. Цель исследования: методом факторного эксперимента (ПФЭ2^2) определить зависимость среднесуточного прироста личинок рапаны *R. venosa* от концентрации корма и плотности их посадки.

R. venosa – раздельнополый вид. По данным В.Д. Чухчина [Чухчин, 1983], в Черном море рапана достигает половозрелости в возрасте двух лет. Высота раковины моллюсков при этом составляет от 3,5 до 7,8 см. Соотношение полов равное во всех возрастных группах. Размножается рапана в июле – сентябре, что соответствует температурному диапазону от 19 до 25 °С [Чухчин, 1972; 1983]. Самки откладывают яйца, которые заключены в удлиненные стручковидные плотные коконы (овотеки) с расширенной подошвой. Количество яиц в одной овотеке колеблется от 200 до 1000, количество овотек в одной кладке – от 50 до 300. Таким образом, одна самка продуцирует от 179 000 до 400 000 яиц [Чухчин, 1983; Chung, Kim, Kim, 1993; Saglam, Duzgunes, 2003]. Продолжительность эмбрионального и личиночного развития в овотеках составляет от 18 до 26 суток [Пиркова, Ладыгина, 2014; Harding, 2006]. Высота раковин личинок, вышедших из овотек, достигает 382,5±15,3 мкм, диаметр глазка – 16 мкм [Пиркова, Ладыгина, 2014]. Личинки рапаны на ранней стадии развития питаются одноклеточными водорослями [Чухчин, 1972]. Видовой состав кормовых водорослей и их концентрация оказывают существенное влияние на темп роста личинок.

Условия проведения эксперимента. Анализ литературных данных и результаты предварительных исследований позволили выявить факторы, оказывающие влияние на рост личинок рапаны. В течение эксперимента наиболее существенные факторы были застабилизированы на постоянных уровнях: температура воды 22,7 °С; состав корма *Isochrysis galbana* + *Phaeodactylum tricornutum* + *Tetraselmis suecica* (соотношение клеток – 3:2:1); объем сосудов 1 л; круглосуточная аэрация; режим кормления: выдача корма утром и в конце рабочего дня при ежедневной смене воды. Измеряемый параметр (параметр оптимизации) – темп линейного роста личинок рапаны: $y = H/T$, мкм/сут (рис. 1).

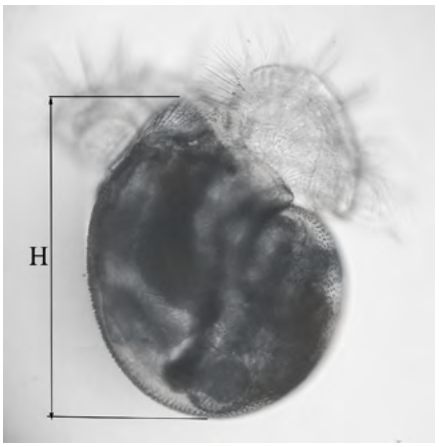


Рис. 1. Личинка рапаны *Rapana venosa* на стадии велигера (H, мкм – высота раковины)

В эксперименте варьировали два фактора, представляющие экономический и технологический интерес при разработке биотехники выращивания рапаны (табл. 1).

Таблица 1. Список варьируемых факторов

Наименование фактора	Единица измерения	Ошибка	Область определения	Область интереса	Примечание
Концентрация корма, x_1	тыс. кл/мл	0,1	0–15000	150–450	Камера Горяева, 0,01 мл^3
Плотность посадки личинок, x_2	тыс. лич/л	0,05	0–∞	1–4	Камера Богорова, 10 мл

Для получения чистых (не смешанных с другими) оценок мы воспользовались ортогональным планом, который получен в результате кодирования натуральных значений варьируемых переменных (табл. 2). Начальные размеры личинок рапаны 400,75±6,5 мкм. Опыт выполнялся в 3-кратной повторности (табл. 3, 4).

Таблица 2. Кодирование факторов

Факторы	x_i	x_1	x_2	x'_i
Верхний уровень	$x_{i\,\text{верх.}}$	450	4	+1
Нижний уровень	$x_{i\,\text{ниж.}}$	150	1	–1
Базовый уровень	$x_{i\,0}$	300	2,5	0
Шаг варьирования	λ_i	150	1,5	+1

Таблица 3. План и результаты экспериментов

x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	$\overline{y}$
+	+	29,93	21,43	28,50	26,27
–	+	22,68	20,18	18,08	20,31
+	–	16,43	15,58	21,43	17,81
–	–	11,43	11,43	17,25	13,37

Таблица 4. Полная матрица ПФЭ2^2 и исходные данные для статистической обработки экспериментальных результатов

x_0	x_1	x_2	x_1x_2	y	S_g	S_g^2	$\dot{y}$	$(y–y)^2$
1	+	+	+	26,27	4,21	17,72	25,89	0,144
1	–	+	–	20,31	2,30	5,21	20,69	0,144
1	+	–	–	17,81	3,16	9,99	18,19	0,144
1	–	–	+	13,37	3,36	11,29	12,99	0,144

Примечание: $\Sigma S_g^2 = 44{,}29$; $\Sigma (y–\dot{y})^2 = 0{,}576$.

Статистическая обработка результатов эксперимента. Статистическая обработка результатов эксперимента включает следующие разделы [Холодов, 2014]:

1) оценка воспроизводимости экспериментов;

2) в случае приемлемой воспроизводимости экспериментов рассчитываются коэффициенты уравнения регрессии;

3) определение расчетным путем адекватности уравнения регрессии экспериментальным данным.

Вычислительная процедура статистической обработки:

1. Число повторных опытов: $m = 3$.

2. Число разных опытов (число вариантов): $g = 4$. Всего опытов: $N = mg = 12$.

3. Оценка воспроизводимости опытов (по Кохрену): $G_{\max} = S^2_{g\max} / \Sigma S_g^2$, где $S^2_{g\max}$ – максимальная дисперсия в столбце; ΣS_g^2 – сумма дисперсий столбца. $G_{\max} = 17{,}22 / 44{,}29 = 0{,}400$. Табличный критерий Кохрена выбирается для: $\alpha = 0{,}05$; $f_1 = g = 4$; $f_2 = m–1 = 3–1 = 2$.

В таблице [Холодов, 2014] для α = 0,05 выбираем 4-й столбец и 2-ю строку. Получаем $C_2^4 = 0{,}746$. Табличное значение больше расчетного – опыты воспроизводимы.

4. Расчет коэффициентов уравнения регрессии:

$$b_i = (\Sigma\, x_i y_g)/g;\ b_0 = 19{,}44;\ b_1 = 2{,}6;\ b_2 = 3{,}85;\ b_{1,2} = 0{,}38.$$

5. Статистическая значимость коэффициентов уравнения определяется по критерию Стьюдента: $t_i = b_i/\sqrt{S^2(b_i)}$; где $S^2(b_i) = S^2/mg$; где $S^2 = \Sigma S_g^{\,2}/g$. Статистически незначим коэффициент $b_{1,2} = 0{,}38$, потому он отбрасывается. Окончательное уравнение регрессии:

$$y = 19{,}44 + 2{,}6x_1 + 3{,}85x_2.$$

6. Проверка адекватности уравнения регрессии экспериментальным данным определяется по критерию Фишера. $F = S^2_{\text{ад}} / S^2$, где $S^2_{\text{ад}} = (\Sigma\, (y_g - y'_g)^2 / (g-d)$, где d – число оставшихся членов уравнения. Расчетный критерий Фишера $F = 1{,}7328 / 11{,}07 = 0{,}157$. Табличный критерий Фишера при α = 0,05; $f_1 = g - d = 4 - 3 = 1$; $f_2 = g\,(m - 1) = 4\,(3 - 1) = 8$; $F_{\text{табл}} = 2{,}0$; $F \leqslant F_{\text{табл}}$ (0,157<2,0). Следовательно, уравнение регрессии адекватно описывает экспериментальные данные.

Анализ уравнения регрессии

$$y = 19{,}44 + 2{,}6x_1 + 3{,}85x_2.$$

Установлено, что в условиях проведенного эксперимента среднее значение темпа роста личинок равно 19,44 мкм/сут (величина свободного члена). Но темп роста изменяется в зависимости от значений варьируемых факторов – концентрации корма и плотности посадки личинок. Максимальное значение среднесуточного прироста личинок рапаны (26,27 мкм/сут) было отмечено при концентрации корма 450 тыс. кл/мл ($x_1 = +1$) и плотности посадки 4 тыс. лич/л ($x_2 = +1$). Поэтому при подращивании личинок необходимо увеличить значения обоих факторов, и прежде всего плотность посадки, что увеличит их темп роста. Минимальный прирост личинок рапаны (13,37 мкм/сут) отмечен при низких значениях концентрации корма (150 тыс. кл/мл) и плотности их посадки (1 тыс. лич/л).

При увеличении концентрации корма от 150 до 450 тыс. кл/мл темп роста возрастает с 16,8 до 22,04 мкм/сут, т.е. на 5,2 мкм/сут, что составляет (5,2/19,44) · 100 % = 26,7 %. В данном случае плотность посадки личинок средняя, то есть 2,5 тыс. лич/л.

Увеличение плотности посадки личинок от 1 до 4 тыс. лич/л, при среднем значении концентрации водорослей равной 300 тыс. кл/мл темп роста личинок увеличился на 39,6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабушкина К.И., Крылова Т.А., и др. Пищевая продукция из рапаны черноморской // *Рыбное хозяйство*. 1983. № 11. С. 77.

Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Личиночное развитие, рост и питание молоди рапаны *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 (Gastropoda: Muricidae) // *Биоразнообразие и устойчивое развитие: мат-лы III Междунар. науч.-практ. конф*. Симферополь, 2014. С. 267–269.

Холодов В.И. *Планирование экспериментов в гидробиологических исследованиях.* Севастополь, 2014. 182 с. URL: http://www.twirpx.com/file/1560407

Чухчин В.Д. Пелагические личинки брюхоногих моллюсков – Gastropoda // *Определитель фауны Чёрного и Азовского морей.* Киев: Наукова думка, 1972. С. 167–176.

Чухчин В.Д. *Экология брюхоногих моллюсков Черного моря*. Киев: Наукова думка, 1983. 176 с.

Badiu D.L., Luque R., et al. Amino Acids from *Mytilus galloprovincialis* (L.) and *Rapana venosa* Mollusks Accelerate Skin Wounds Healing via Enhancement of Dermal and Epidermal Neoformation. *The Protein Journal*. 2010. Vol. 29. No 2. P. 81–92.

Chung E., Kim S., Kim Y. Reproductive Ecology of the purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, deposition of egg capsules and hatching of larvae. *Korean Journal of Malacology*. 1993. Vol. 9. No 2. P. 25–38.

Gűven K.C., Yacizi Z., et al. Fatty acids and sterols of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). *Journal of Shellfish Research*. 1999. Vol. 18. No 2. P. 601–604.

Harding J.M. Growth and development of veined rapa whelk *Rapana venosa* veligers. *Journal of Shellfish Research.* 2006. Vol. 25. No 3. P. 941–946.

Saglam H., Duzgunes E. Deposition of egg capsule and larval development of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) from the south-eastern Black Sea. *J. Mar. Biol. Ass*. U.K. 2007. No 87. P. 953–957.

АКВАПОНИКА В БИОТЕХНОЛОГИИ АКВАКУЛЬТУРЫ В МОДУЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Е.Н. Пономарева[1], Л.П. Ильина[2], Т.А. Соколова[2], Т.Н. Польшина[2]

[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

[2] Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

kafavb@mail.ru, iljina@ssc-ras.ru, sta1562@yandex.ru

Совместное выращивание гидробионтов и растительных культур в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) – перспективное и динамично развивающееся направление современной аквакультуры. Одним из путей повышения эффективности УЗВ является использование интегрированных методов и технологий, создание на базе рыбоводных установок искусственных агрогидроэкосистем. Преимуществом последних является компактность и возможность размещения в непосредственной близости от потребителей крупных городов, где ощущается дефицит и дороговизна земельных и водных ресурсов [Жигин, 2011].

В Южном научном центре РАН с 2002 г. занимаются изучением гидробионтов, выращиваемых в УЗВ [Матишов и др., 2008], с 2014 г. ведутся исследования по совместному выращиванию рыбы (гибридные формы осетровых, сомовые и др.) и растений (салат, перец, петрушка и др.) методом аквапоники в специально разработанной этажной модульной установке с использованием оборотной и сбросной воды в УЗВ.

Цель исследований – разработать комплекс научно-методических основ и технических решений, позволяющих получать экологически чистую продукцию аквабиокультуры в модульной УЗВ.

Исследования проводились в 2014–2015 гг. на научно-экспедиционной базе ЮНЦ РАН «Кагальник» (Азовский район) в экспериментальной модульной установке аквабиокомплекса. Совместное выращивание рыб и растительных культур осуществлялось в модульной установке комплекса (МУК) в бассейнах с контролируемыми условиями среды (кислород 60–90 %, температура 23–25 °С, pH 6,9–8,2).

Этажная интегрированная модульная установка представляет собой систему бассейнов, лотков, отстойников, фильтров (механических и биологических), системы освещения и экспресс-онлайн контроля гидрохимических параметров. Особенностью МУК является использование биотехнологии безотходного производства, что обеспечивает высокий уровень экологической безопасности. При этом отходы (продукты обмена) одного биологического кластера используются другими на последующих этапах до их полной утилизации внутри замкнутой системы. Схема выращивания разных объектов аквакультуры в МУК представлена на рисунке 1. На первом этапе вода поступает в бассейны с остеровыми рыбами (русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii*) и их гибридами (стерлядь *Acipenser ruthenus* × белуга *Huso huso*, русский осетр *A. gueldenstaedtii* × ленский осетр *A. baerii*), далее – в бассейны с дополнительным видом (клариевый сом *Clarias gariepinus*), затем в отстойник для осаждения крупных фракций органических отходов с последующим перемещением в аквапонную установку для выращивания растений, далее, после механической и биологической очистки, вода снова поступает в бассейны с рыбой.

В работе использованы стандартные методы исследований: pH водной среды определяли потенциометрическим методом [Аринушкина, 1970], показатель освещенности растений, в люксах – прибором люсмометр РН 300, показатели температуры и влажности воздуха – стандартным ареометром, содержание нитратов в листьях и плодах растений – экспересс-методом с использованием нитратомера, а также фотометрическим методом Александровой



Рис. 1. Схема этажной модульной установки для выращивания объектов аквакультуры в УЗВ

и Найденовой [1986]. Измерение морфометрических показателей растений (высота, размер листовой пластинки, фенофаза развития, сырая фитомасса, вес плодов и др.) проводится согласно общепринятым в ботанических исследованиях методам [Генкель, 1975].

Выращивание растений методом аквапоники. Полученные результаты по изучению показателей роста, развития и продуктивности растений в аквакомплексе представлены в таблице 1.

***Салат листовой* (*сорт «король рынка»*)** – пластичная культура, отличающаяся высокой продуктивностью. Длительность периода вегетации в эксперименте составляла от 33 до 70 дней, продуктивность 2,47–6,0 кг/м^2, при этом за 5 месяцев можно получить до 6 урожаев (табл. 1). Выявлено, что салат очень требователен к свету, оптимальное освещение для этой культуры – 9000 лк. Выращивать салат на гидропонном плавающем мате площадью 0,17 м^2 и 0,6 м^2 выгоднее, чем на 1–1,5 м^2, что подтверждается более высокими показателями продуктивности. В условиях модульной установки УЗВ возможность накопления нитратов в листьях салата возрастает в связи с наличием живых объектов, продукты жизнедеятельности которых поступают с водой в систему аквакультуры растений. Однако проведенные анализы показали, что содержание нитратного азота в листьях салата составляет 1157 мг/кг сырой массы и не превышает нормы ПДК (2000 мг/кг).

***Петрушка* (*сорт «мооскраузе 2»*).** Растения хорошо произрастают в условиях аквакомплекса. Период от появления всходов до получения технически зрелой продукции петрушки составляет от 56 до 70 дней, растение требовательно к свету, оптимальное освещение светодиодными лампами 7500–9000 лк. При посеве в минеральную пробку необходимо сеять от 3 до 6 семян, чтобы достигнуть оптимальной плотности листьев растения. Выращивать петрушку на гидропонном плавающем мате площадью 0,17 м^2 и 0,6 м^2 выгоднее, чем на 1–1,5 м^2, что подтверждается более высокими показателями продуктивности. Продуктивность петрушки до 2,294 кг/м^2 (табл. 1). Количество нитратов в листьях составляет 1856 мг/кг, что не превышает ПДК (2000 мг/кг).

***Перец* (*сорта «оранжевое чудо»* (*горький*), *«Париж»* (*сладкий*)).** Происхождение перца из тропических стран определяет его высокую требовательность к условиям выращивания – свету, теплу и влаге. Выращивание рассады перца из семян проводили с помощью минеральных пробок, в каждую помещали по одному семени. В аквакомплексе при t = +21 °С и влажности субстрата 70–75 % первые всходы перца появились на 14-й день после посадки семян. При посадке перца на гидропонные плавающие маты необходимо учитывать, что расстояние между посадочными горшочками должно быть от 6 до 15 см, что обеспечивает оптимальную площадь для развития растений. После окончательной пересадки стебель растения начинает раздваиваться, по мере роста растения нужно подвязывать, а также удалять придаточные побеги и лишние листья, чтобы все питательные вещества уходили в самые сильные стебли, где образуются завязи плодов.

Таблица 1. Показатели роста, развития и продуктивности культур, выращиваемых методом аквапоники

№	Культура/параметр	Салат «король рынка»		Петрушка «мооскраузе 2»		Перец «оранжевое чудо»		Перец «Париж»		Огурцы «зятек»	
		1-й этап	2-й этап	1-й этап	2-й этап	1-й этап	2-й этап	1-й этап	2-й этап	1-й этап	2-й этап
1	Плотность рассады, см	3	3–9	3	3	11	11	11	11	8	8
2	Масса зрелого растения, г	зеленые листья		зеленые листья		плоды		плоды		плоды	
	min	16	33,3	12,5	13,5	6,2	–	23	–	50	–
	media	32,3	34,4	16,1	19,3	9,5	–	35,7	–	249,6	–
	max	46,5	65,7	19,5	22,4	16,2	–	56,3	–	599	–
3	Высота растения, см min	11,5	12,7	12	13,7	1,8		2,1		9,7	
	media	23,7	25,4	18,3	19,8	4,9		5,9		19,5	
	max	57,4	45,3	27	26	6,7		8,9		31,6	
4	Длительность периода вегетации, суток	6 урожаев	3 урожая	2 урожая	2 урожая	1 урожай, продолжает плодоносить		1 урожай, продолжает плодоносить		начало созревания	
	min	43	33	94	49	–	–	–	–	–	–
	media	57	48	104	52	–	–	–	–	–	–
	max	70	56	114	54	118	–	118	–	97	–
5	Всхожесть, %	97–100	100	97,3	95,5	86,7		73,3		86,7	
6	Продуктивность, кг/м² min	2,472	2,705	1,472	1,588	продолжает плодоносить		продолжает плодоносить	–	–	–
	media	4,424	3,852	1,882	1,911	–	–	–	–	–	–
	max	6	7,452	2,294	3,335	2,241	3,13	4,201	5,05	6,916	12,42
7	Продуктивность, кг/м², в год (media)	37,6	56,4	16,0	20,8	8,0	11,2	9,0	12,2	38,0	49,4

Примечание: Плотность посадки рыб на 1-м этапе эксперимента составляла 26 кг/м³, на 2-м этапе – 40 –50 кг/м³
1-й этап эксперимента – апрель – август; 2-й этап – сентябрь – декабрь 2015 г.

Первые плоды у сортов «оранжевое чудо» и «Париж» появились через 118 дней от посадки семян. Анализ показал, что средняя масса всех плодов для сорта «оранжевое чудо» составила 2,241кг/м^2, сорта «Париж» – 4,201 м^2 (табл. 1). Содержание нитратов в плодах соответствует норме и не превышает ПДК 200 мг/кг.

***Огурец* (*сорт «зятек»*).** Культура требовательна к условиям выращивания – свету, теплу и влаге. Выращивание огурцов в эксперименте проходило в 2 этапа: посев семян в минеральную пробку и пикировка в горшочки с керамзитом; высадка рассады (в фазе 4–5 листьев) в проточную аквапонную систему и размещение на шпалере. Оптимальной для нормального развития корневой системы огурцов считается t = +20… +27 °С, но в аквакомплексе температура воды была 19–21 °С, воздуха +18… +22 °С, поэтому длительность вегетации огурцов до появления первых плодов составила 97 дней. При этом отмечено, что через 15–20 дней после помещения растений в проточную аквапонную систему корневая система истончилась, листья на растениях стали желтеть, а завязь сохнуть и опадать. Перепад температур в 3–4 °С способствует удлинению междоузлий растений, поэтому необходимо проводить срез точки роста после 8 междоузлий. В среднем за период проведения эксперимента масса 1 плода огурца составила от 50 до 599 г, средний показатель массы 249 г. Длина плода максимальная равна 31,6 см, а минимальная составила 9,7 см. Урожайность огурцов 6,916–12,420 кг/м^2 (табл. 1). Проведенные анализы на содержание нитратов в плодах огурцов отклонений от нормы не выявили (ПДК не выше 150 мг/кг).

Таким образом, для получения растительной продукции методом аквапоники сроки выращивания растений составляют: для салата – 1 месяц, для всех остальных культур (петрушка, перец, огурцы) – 2 месяца. Продуктивность растений за 1 год: салата – 37,6–56,4 кг/м^2, петрушки – 16,0–20,8 кг/м^2, перца в среднем с одного растения от 1,5 до 2 кг, огурцов – до 40 кг с 1 м^2. Выявлено, что при увеличении плотности рыб в УЗВ до 40–50 кг/м^3 продуктивность растений возрастает в 1,3–1,8 раз. При выполнении работ создан и прошел успешную апробацию экспериментальный образец этажной модульной установки аквабиокомплекса, который позволяет осуществлять выращивание гидробионтов в контролируемых условиях на разных этапах их развития и получать экологически чистую продукцию разных объектов аквакультуры (гибридные формы осетровых, сомовые, растительные культуры и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Л.Н., Найденова О.А. *Лабораторно-практические занятия по почвоведению*. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.

Аринушкина Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

Генкель П.А. *Физиология растений*. М., 1975. 336 с.

Жигин А.В. *Замкнутые системы в аквакультуре*. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 665 с.

Матишов Г.Г., Матишов и др. *Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 112 с.

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО РАЗНОНАПРАВЛЕННОГО ОТБОРА ПО ПРОДУКТИВНОСТИ МЕТЕЛКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ РИСА

С.С. Попов[1], П.И. Костылев[2]

[1] Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета, г. Зерноград, Россия
[2] Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
selekzioner2012@mail.ru

Введение. Рис является важнейшей сельскохозяйственной культурой в мире. Для повышения объемов его производства необходимо создание более продуктивных сортов, так как площади земли ограничены. Селекционная работа должна опираться на закономерности наследования количественных признаков, являющихся компонентами структуры урожая.

Урожайность зерна является комплексным признаком и результатом взаимодействия многих переменных величин из-за различных ассоциаций генов, которые имеются в разных популяциях и могут привести к совершенно различным взаимоотношениям. Она также в значительной степени зависит от условий окружающей среды. Кроме того, взаимодействие генотипа и окружающей среды снижает эффективность отбора в ранних поколениях [Rahman et al., 1986; Whan et al., 1981].

Урожай зерна контролируется локусами количественных признаков (QTL) у многих культурных растений. В исследовании Zhang et al. [2009] с использованием рекомбинантных инбредных линий были определены четыре локуса количественных признаков, которые контролировали число колосков в метелке [Zhang et al., 2009].

Huang et al. [2009] сообщали о локусе количественного признака, контролирующего высокую урожайность зерна риса, который действует путем определения архитектуры метелки. Доминантный аллель в локусе DEP1 способствует повышению активности меристемы, что приводит к уменьшению длины междоузлий метелки, увеличению числа зерен в ней и, как следствие, увеличению урожая зерна. Этот аллель является общим для многих китайских высокоурожайных сортов риса и, вероятно, представляет собой относительно недавнее введение в пул генов культивируемого риса [Huang X. et al., 2009].

Основным методом селекции является отбор. Известны различные типы отбора, одними из которых являются стабилизирующий и дизруптивный. Стабилизирующий отбор направлен на поддержание и повышение устойчивости в популяции среднего значения признака или свойства. Дизруптивным называется отбор, благоприятствующий более чем одному фенотипу и действующий против средних промежуточных форм [Barman, Borah, 2012].

Улучшение сельскохозяйственных культур достигается с помощью различных методов селекции и зависит от изменчивости, доступной для отбора [Malieshappa et al., 1988]. Значительная генетическая изменчивость может быть создана путем скрещивания двух специально выбранных родительских форм. Установлено, что эффект отбора зависит от различных факторов, таких как интенсивность отбора, доступность генетической изменчивости, ее генетическая связь с другими сцепленными признаками и методология селекции. Коэффициенты регрессии между поколениями F_2–F_3 и F_3–F_4 были значимым для всех признаков. Отбор по высоте растений, количеству метелок на растении и числу дней до 50 % цветения может быть сделан в ранних расщепляющихся поколениях. Урожай зерна на растении и плотность зерна на метелке эффективны для отбора в поздних поколениях [Barman, Borah, 2012].

Kumar M. et al. [2009] при отборе потенциально продуктивных генотипов риса в ранних поколениях рекомендуют обращать внимание на количество колосков с главной метелки

и массу 100 зерен, а также на повышенную массу побега, его стебля и метелки в фазе цветения, используя их в качестве критериев отбора в ранних поколениях у риса [Kumar et al., 2009].

В работе М.Ш. Аллама [1981] проведено сравнительное изучение модификационного, генотипического и общего варьирования важнейших количественных признаков и их взаимосвязей в модельных и гибридных популяциях. Показано, что в тех районах, где рис в производственных условиях кустится слабо, он формирует значительную долю урожая за счет главной метелки. Целесообразно проводить отбор по массе зерна с главной метелки, а не с растения в целом, поскольку уровень модификационной изменчивости первого признака ниже, чем второго, что дает возможность селекционеру легче идентифицировать нужный ему генотип по фенотипу. Это позволяет прогнозировать пути повышения эффективности отбора по отдельным признакам [Аллам, 1981].

Большие экологические различия могут привести к снижению зависимости урожайности потомства от таковой родителей [Bartley, Weber, 1952]. Таким образом, прямой отбор для улучшения урожая зерна в расщепляющейся популяции может быть неэффективным. Корреляции и регрессии родители – потомки между двумя поколениями показывают меньшую восприимчивость к воздействию окружающей среды и являются очень полезными для отбора в расщепляющейся популяции для создания новых, более совершенных генотипов.

В нашей стране такие исследования по рису почти не проводились. Во ВНИИ риса была выявлена прямая тесная связь урожайности сортов на оптимальном фоне питания с величиной коэффициента хозяйственной годности и количеством зерен на 1 м^2. Эти два признака являются наиболее важными при оценке селекционных образцов на продуктивность и при разработке физиологической модели генотипа риса [Скаженник и др., 2010].

Значительные средовые различия, такие как неоднородная густота посева и внесение удобрений, могут привести к снижению зависимости урожайности потомства от таковой родителей [Аллам, 1981]. Таким образом, прямой отбор для улучшения урожая зерна в расщепляющейся популяции может быть неэффективным. Потомство от растений со слабоозерненными метелками может впоследствии стать продуктивным сортом и наоборот. Поэтому исследование эффективности отбора из ранних поколений гибридов на урожайность следующих является актуальным и вносит большой вклад в развитие селекционного процесса.

Цель исследований – изучить влияние дизруптивного и стабилизирующего отбора по количеству зерен с метелки риса в двух разных расщепляющихся популяциях, начиная с F_2, на урожайность последующих поколений F_3–F_5.

Материал и методика. Материалом служили гибриды F_2–F_5 от скрещивания высокопродуктивного среднеспелого сорта Кубояр с образцами Ил.14 и Ил.28, которые являются донорами трех генов устойчивости к пирикуляриозу (Pi-1, Pi-2, Pi-33). Эксперимент проводился в течение 2012–2015 гг. в ФГУП «Пролетарское» Ростовской области. Культивирование растений проводили согласно Руководству по технологии выращивания риса [Костылев и др., 2008]. Все гибридные поколения высевали вручную на 1-рядковых делянках площадью 1 м^2. Отбор по числу зерен с одной метелки проводили параллельно в двух гибридных расщепляющихся популяциях F_2–F_5 по трем направлениям [Костылев, Попов, 2015]. Для выращивания в следующем поколении F_3 из гибридной популяции F_2 в 2012 г. было отобрано по три группы рекомбинантных растений со слабоозерненными (М 25–40 зерен), среднеозерненными (С 90–110 зерен) и хорошо озерненными (К 180–240 зерен) метелками (рис. 1). В каждой группе комплектовали по 15 делянок, высевая на них равное количество семян.

Метелки с наибольшим количеством зерен относили к линии К и их семена использовали для посева следующего поколения. Аналогичным образом метелки с самым малым количеством зерен использовали для каждого нового поколения линии М, а со средним – линии С. Аналогично из делянок F_3 были отобраны три группы растений для посева в 2014 г. поколения F_4, а в 2015 г. – поколения F_5. При этом из группы М отбирали самые малоозерненные, из группы С – среднеозерненные, а из группы К – хорошо озерненные метелки. Рядом высевали делянки двух материнских форм (Ил.14 и Ил.28) и одной отцовской (Кубояр). В качестве

стандарта выступал сорт Кубояр. Варианты отбора каждого гибрида сравнивали друг с другом и со стандартом по урожайности и элементам ее структуры. Уборку проводили ручным способом, с использованием серпа, которым подрезали растения с делянки на уровне почвы и связывали в сноп. Далее в лабораторных условиях после промеров удаляли листостебельную массу, формируя одинаковую длину ножки метелки.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы Excel пакета Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. Реакция на отбор по количеству зерен с метелки в обеих гибридных комбинациях оказалась различной. В то же время оба гибрида имели сходные ответы на различные направления отбора.

Рисунок 1 демонстрирует урожайность вариантов обеих гибридных комбинаций и их родительских форм. Гибрид Ил.14 × Кубояр показал наименьшую урожайность – 436 г/м^2 в варианте отбора мелких метелок. Вариант «средняя метелка» показал урожайность 622 г/м^2. Посев семян из крупных метелок сформировал наибольшую урожайность, составившую в среднем 792 г/м^2, превысив варианты с мелкой и средней метелкой на 356 и 170 г/м^2 соответственно.

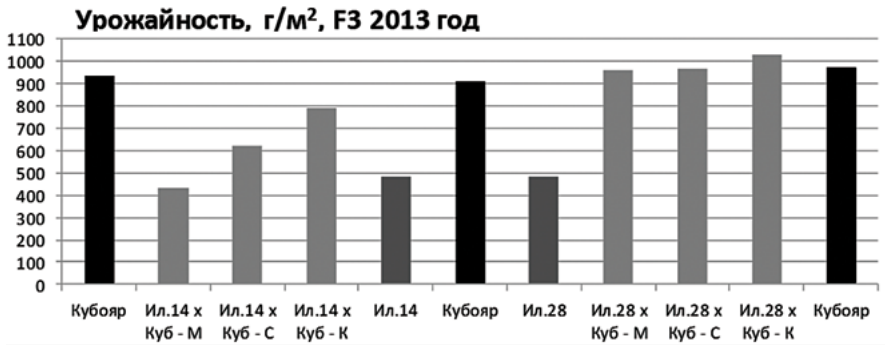


Рис. 1. Урожайность гибридов F_3 риса в ручном посеве, 2013 г.

В комбинации Ил.28 × Кубояр наибольшую урожайность при ручном посеве сформировал вариант «большая метелка». Она составила 1031 г/м^2, превысив ближайший лучший сорт Кубояр на 55 г/м^2. Варианты с мелкой и средней метелкой имели сходную урожайность, которая была в среднем 967 г/м^2, на уровне продуктивности стандарта Кубояр.

Сезон 2014 г. по климатическим условиям оказался менее благоприятным для выращивания риса, чем предыдущего 2013 г., что отразилось на сокращении продуктивности его в целом у родителей и гибридов (рис. 2). В то же время закономерности распределения урожайности по вариантам отбора сохранились для обеих комбинаций.

Для гибрида Ил.14 × Кубояр наименьшая урожайность сформировалась вариантом с мелкой метелкой, составив 443 г/м^2. Вариант со средней метелкой показал урожайность 609 г/м^2. Наибольший выход зерна с делянки, 766 г/м^2, был у варианта с крупной метелкой. Делянки от посева крупных метелок были продуктивнее мелких и средних метелок на 323 и 157 г/м^2 соответственно.

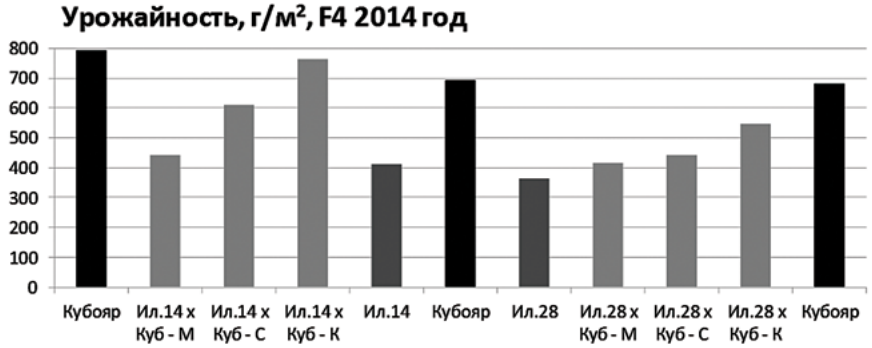


Рис. 2. Урожайность гибридов F_4 риса, 2014 г.

Как и в предыдущем году, распределение вариантов по урожайности в 2014 г. у гибрида Ил.28 × Кубояр было менее выраженным, но информативным. Максимальная урожайность (547 г/м^2) формировалась у варианта «крупная метелка», на втором месте – «средняя метелка» (443 г/м^2), на третьем – «мелкая метелка» (415 г/м^2).

Наиболее благоприятным годом за все время исследований оказался 2015 г. (рис. 3). Средняя урожайность всех вариантов отбора гибридов и родителей в этом сезоне была наибольшей в сравнении с предыдущими годами. Но это не отразилось на установившейся закономерности распределения продуктивности по вариантам опыта.

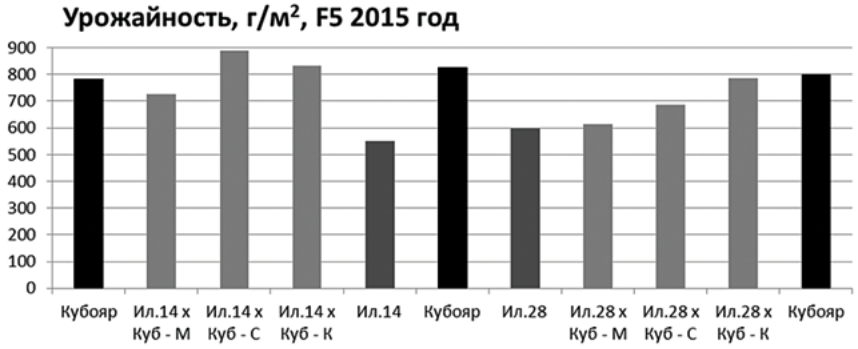


Рис. 3. Урожайность гибридов F_5 риса, 2015 г.

Для первой комбинации варианты отбора показали урожайность: наименьшую – 727 г /м^2, среднюю – 890 г/м^2, крупную – 832 г/м^2. В отличие от предыдущих годов, средние метелки оказалась продуктивнее крупных. Нарушенная закономерность может быть следствием ошибки опыта, так как выборка из 15 делянок не очень большая.

Для второй комбинации закономерность прошлых лет сохранилась: делянки из мелких метелок дали урожайность 614 г/м^2, средних – 686 г/м^2 и крупных – 786 г/м^2. Только вариант «крупная метелка» у гибрида Ил.28 × Кубояр смог приблизиться к лучшему родителю Кубояру, показавшему результат 799 г/м^2.

Таким образом, прослеживается четкая зависимость урожайности следующего поколения гибридов от размеров метелок предыдущего поколения. Данная зависимость может свидетельствовать о том, что в расщепляющихся популяциях изучаемых гибридов размер метелки в большей степени контролируется генетическими факторами, нежели средовой изменчивостью.

Выводы

1. При разнонаправленном отборе из двух гибридных популяций риса F_2–F_5 метелок с низкой, средней и высокой озерненностью установлена различная реакция поколений по урожайности.

2. Гибриды третьего – пятого поколений показали наименьшую урожайность при посеве зерна из малоозерненных метелок, промежуточную – из средних и наибольшую – из хорошо озерненных.

3. При создании урожайных сортов риса рекомендуется отбирать более крупные метелки с учетом одинаковой густоты продуктивного стеблестоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аллам М.Ш. *Прогнозирование эффективности отбора у риса по количественным признакам на основе сопоставления их генетического и модификационного варьирования:* автореф. дис. … канд. с.-х. наук. М., 1981. 17 с.

Костылев П.И., Попов С.С. Реакция на отбор по массе зерна с метелки в ранних поколениях гибридов риса на урожайность следующих // В сб.: *Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский.* Дон ГАУ, 2015. С. 167–172.

Костылев П.И., Степовой В.И., и др. *Руководство по технологии выращивания риса*. Ростов н/Д: Книга, 2008. 48 с.

Скаженник М.А., Воробьев Н.В., и др. Фотосинтетические и продукционные процессы у новых сортов риса // *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2010. № 3–4 (6–7). С. 20–23.

Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. *Эволюционное учение*. Уч. пос. для студ. биол. спец-тей ун-тов. 2006. 331 с.

Barman D., Borah S.P. Effect of selection response on F_3 and F_4 generation for yield and yield component characters in mutant rice strain (*Oryza sativa* L.). *APCBEE Procedia 4, 2012*. P. 183–187.

Bartley B.G., Weber C.R. Heritable and nonheritable relationships and variability. *Agronomy J.* 1952. Vol. 44. P. 487–493.

Huang X., Qian Q., et al. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice. *Nature Genetics*. 2009. Vol. 41. No 4. P. 493–497.

Kumar M., Sharma P.R., et al. Selection criteria for high yielding genotypes in early generations of rice. *SAARC Journal of Agriculture*. 2009. Vol. 7. No 2. P. 37–42.

Malieshappa C., Patil S.S., Parameshwarappa R. Studies on selection response for yield and its impact on other characters in F_3 and F_4 generation of safflower. *Karnataka J of Agric. Sci.* 1988. Vol. 1. P. 8–12.

Rahman M.A., Bahl P.N. Evaluation of early generation testing in chickpea. *Plant Breeding*. 1986. P. 82–85.

Whan B.R., Rathjen A.J., Night R. The relation between wheat lines derived from F_2, F_3, F_4 and F_5 generations for grain yield and harvest index. *Euphytica.* 1981. Vol. 30. P. 419–430.

Zhang Y., Luo L., et al. Four rice QTL controlling number of spikelets per panicle expressed the characteristics of single Mendelian gene in near isogenic backgrounds. *Theor. Appl. Genet.* 2009. 118. P. 1035–1044.

ФОРМИРОВАНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ РЫБ В СИСТЕМЕ УЗВ (на примере аквакомплекса «Кагальник»)

В.Г. Сойер, Е.Г. Алёшина, Д.Г. Матишов

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
soier@ssc-ras.ru

В водах Азовского моря естественное воспроизводство рыбных запасов, прежде всего ценных пород, подорвано вследствие зарегулирования стока Дона, практически полного сокращения нерестилищ, неуемного браконьерства и вселения чужеродных организмов. В этих обстоятельствах искусственное воспроизводство и товарное выращивание осетровых рыб становится важным путем поставки рыбной продукции, а также своевременной поддержкой сохранившихся в море видов рыб и умножения их численности. В Южном научном центре РАН на научно-экспедиционной базе «Кагальник» организован рыбоводный аквакомплекс для разработки технологий сохранения и восстановления редких и исчезающих видов рыб Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов [Матишов и др., 2012], а также для формирования маточных стад осетровых рыб с целью их воспроизводства и товарного выращивания в бассейнах южных морей России [Пономарёва и др., 2014].

Аквариальный комплекс ЮНЦ РАН оснащен специальным рыбоводным оборудованием, включая установку замкнутого водоснабжения (УЗВ), бассейны для товарного выращивания рыбы и для молоди с отдельными биофильтрами, систему охлаждения воды для подготовки производителей к нересту. Для регулярного контроля качества воды в бассейнах используются термооксиметры, pH-метры, система постоянного контроля температуры воды с записью данных на компьютер.

В задачу настоящего исследования входило более широкое изучение химического состава воды, подаваемой на УЗВ, а также воды, циркулирующей в рыбоводных бассейнах, в связи с гибелью рыб в отдельных бассейнах на начальном этапе работы комплекса. Усиленная подача кислорода в рыбоводные бассейны и добавки соды в случае снижения pH практически не предотвращали массовую гибель рыбы. Отсюда следует, что в воде бассейнов развиваются более сложные процессы, чем дефицит кислорода и смещение pH, а предпринятое регулирование качества воды по существу маскировало истинные причины гибели рыб. В первую очередь необходимо установить гидрохимический тип воды, подаваемой на УЗВ (по ионному составу), оценить накопление биогенных элементов (токсичны при высоких концентрациях), накопление органического вещества (характеризует внутриводоемные процессы), накопление загрязняющих веществ (индицируют токсичность вод). В работе использовали методы титриметрии для определения ионного состава, фотометрии для определения биогенных элементов (спектрофотометр UNICO 1200) и ИК-фотометрии для определения органического углерода (анализатор углерода и азота multi N/C 3100).

По результатам измерений ионный состав воды, подаваемой на аквакомплекс из городского водопровода (табл. 1), несет черты двух типов вод, характерных для низовий Дона, – гидрокарбонатно-кальциевого (пресная континентальная) и сульфатно-натриевого (подземный сток). Минерализация воды (по сумме ионов) сравнительно невелика и соответствует весенне-летнему сезону. Ионный состав и минерализация воды в бассейнах аквакомплекса заметно отличается от водопроводной, что объясняется рядом причин: внесением корма с растворимыми минеральными компонентами, работой очистных блоков УЗВ, контактом с живыми организмами бассейнов, включая прижизненные выделения.

Таблица 1. Ионный состав воды и жесткость в бассейнах аквакомплекса «Кагальник»

Место отбора проб	Cl', мг/л	HCO_3, мг/л	SO''_4, мг/л	Жесткость, мг-экв/л	Ca^{2+}, мг/л	Mg^{2+}, мг/л	$Na^{+}+K^{+}$, мг/л	Сумма ионов, г/л
Городской водопровод	111	203	192	6,0	48	44	111	0,708
Охладитель 1	160	142	269	7,2	60	51	131	0,812
Бассейн № 1 бестер	129	222	231	6,8	56	49	132	0,818
Бассейн № 2 стерлядь	124	146	231	6,6	52	49	103	0,704
Бассейн № 4 бестер	124	132	231	6,6	52	49	97	0,684
Бассейн № 9 стерлядь	124	227	231	6,6	48	51	136	0,816
Бассейн №12 стерлядь	124	122	231	6,6	52	49	93	0,670
Среднее по бассейнам, охладителю и девиация	131 +18 %	165 –19 %	237 +23 %	6,7 +12 %	53 +10 %	50 +14 %	115 +3,6 %	0,751 +6 %
Сопоставление с водой из водопровода	больше	меньше	больше	больше	больше	больше	больше	больше

Как следствие, средняя концентрация ионов в рыбоводных бассейнах ожидаемо больше, чем в водопроводной воде. Исключение составляет гидрокарбонат-ион, концентрация которого в среднем на 19 % меньше, чем в водопроводе, а в бассейне № 12 даже на 40 %. Концентрация гидрокарбонат-иона в разных бассейнах неодинакова, а в двух из них ненамного превосходит содержание в водопроводной воде.

Снижение концентрации гидрокарбонат-иона связано с его свойством – при повышении кислотности среды (соответственно при низких значениях pH) образовывать угольную кислоту с последующим разложением ее на воду и диоксид углерода (CO_2). Диоксид в виде газа улетучивается в атмосферу, что и объясняет понижение концентрации гидрокарбонатного иона. Эти факты свидетельствуют о протекании интенсивных внутриводоемных процессов преобразования веществ непосредственно в бассейнах аквариального комплекса, причем неодинаково в разных бассейнах согласно их загрузке и другим условиям работы.

Массив данных измерения pH, полученных при длительном проведении наблюдений на аквакомплексе «Кагальник», варьирует в пределах от 8,0 до 4,3 единиц pH, в то время как допустимый предел вариации pH для водоемов рыбохозяйственного назначения от 8,5 до 6,5. Пониженные значения pH вызывают у рыб стойкий ацидоз, который проявляется не сразу, а спустя некоторое время: рыбы становятся менее подвижными и меньше плавают.

Явление смещения pH связывают с явлениями гидролиза и взаимодействия сильных и слабых ионов, включая биогенные, а также с преобразованием растворенного органического вещества. Как результат, происходит накопление органического вещества и минеральных форм биогенных элементов с многократным повышением их концентраций в сравнении с водой централизованного водоснабжения, а также с заметным превышением нормативов ПДК (табл. 2).

Таким образом, внутриводоемные процессы формируют явно неблагоприятную среду для содержания и выращивания рыб. Важные сведения о существе этих процессов дает сопоставление концентрации биогенных элементов (в основном азота) и органического углерода.

Таблица 2. Биогенные элементы и органическое вещество в воде бассейнов аквакомплекса

Объект	Ортофосфат-ион, мгP/л	Нитрит-ион, мгN/л	Нитрат-ион, мгN/л	Органический углерод, мгC/л
Водопровод	0,03	0,0	0,8	8,1
Бассейны (среднее)	14,3	0,35	76	15
Бассейны (диапазон)	2–53	0,03–3,8	3,0–145	11–18
ПДК (рыбохозяйственные)	0,2	0,08	40	–

Органическое вещество природных вод имеет сравнительно постоянный элементный состав, выражаемый формулой Ричардса – $(CH_2O)_{106}(NH_3)_{16}H_3PO_4$ [Сапожников, Метревели, 2015]. Здесь содержание углерода в составе органической молекулы почти десятикратно превышает содержание азота. В воде, снабжающей аквакомплекс «Кагальник», – десятикратное превышение (табл. 2). По нашим измерениям, в водах Дона и Таганрогского залива встречаются и более повышенные значения, вплоть до 15-кратного. В воде рыбоводных бассейнов аквакомплекса средняя концентрация нитрат-иона, напротив, многократно превышает концентрацию органического углерода, что в природных водах не встречается.

По данным измерений углерода и азота в устройствах аквакомплекса установлено, что понижение концентрации органического углерода отмечается после очистки от органического вещества на биофильтрах. Здесь в ходе бактериального разложения органического вещества углерод переходит в газообразный диоксид, выделяющийся в атмосферу. Органический азот переходит при этом в минеральные формы – ионы аммония, нитрит- и нитрат-ионы, хорошо растворимые в воде, но не обладающие способностью переходить в газовую фазу. Одновременно раствор приобретает кислотные свойства (рис. 1). Диаграмма убедительно показывает динамику развития неблагоприятных условий.

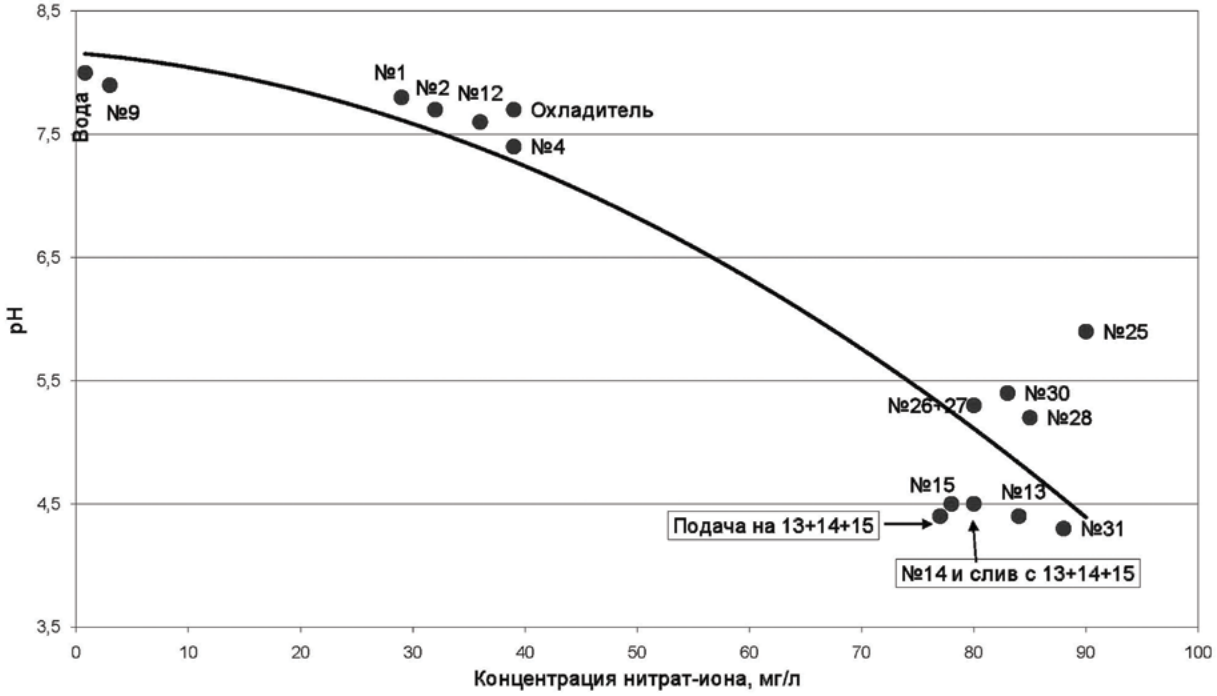


Рис. 1. Взаимозависимость pH и концентрации нитрат-иона в бассейнах аквакомплекса «Кагальник»

Таким образом, происходит разделение органического вещества, накапливающегося в бассейнах аквакомплекса, на улетучивающийся диоксид углерода и ионные формы азота, что неблагоприятным образом сказывается на организме рыб. Эффективный путь устранения этой проблемы – удаление нитратов из воды с помощью денитрификаторов, работающих на основе бактериальной утилизации нитрат-иона.

Менее удобный прием – подмена воды наряду с контролем токсичных веществ. Последовательность биогенного разложения белковых веществ включает расщепление аминокислот, затем выделение аминных групп, образование нитритов, нитратов. Высокой токсичностью обладает нитрит-ион, имеющий недостроенную орбиталь и высокую химическую активность. Химический анализ биогенных элементов длителен, трудоемок и требует расхода реактивов. По существу, результаты анализа всегда будут запаздывать. Измерение pH – достаточно оперативный метод, но он недостаточно информативен. В наибольшей мере из доступных методов предпочтительно пользоваться измерением Eh – окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), связанного с изменением внутриводоемных условий (табл. 3).

Таблица 3. Условия обитания рыб в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала [Сандер, 2004]

Eh, мВ	Характеристика водной среды	Условия обитания рыб
–100–0	восстановительная среда, анаэробиозис	Непригодная область для рыб, беспозвоночных, аэробных бактерий; оптимальна для анаэробных
0–150	слабоокислительная среда	Плохо аэрируемая вода, постоянная угроза для жизни обитателей аквариума
150–250	окислительная среда, аэробиозис	Хорошо аэрируемая вода, нормальные условия для жизни в аквариуме
250–350	сильно окислительная среда	Очень хорошее снабжение кислородом, слабое или полное отсутствие процессов восстановления
350–450 мВ	завышенный ОВП	Экстремально аэрируемая вода в присутствии органического вещества, достигается озонированием

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Матишов Г.Г., Пономарёва Е.Н., и др. *Практическая аквакультура* (*разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН*). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 284 с.

Пономарёва Е.Н., Сорокина М.Н., и др. Формирование репродукционных маточных стад осетровых рыб с целью повышения эффективности их воспроизводства в бассейнах южных морей России // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. Т. 16. № 1(4). С. 1172–1175.

Сандер М. *Техническое оснащение аквариума*. М.: Астрель, 2004. 256 с.

Сапожников В.В., Метревели М.П. Стехиометрическая модель органического вещества – основа количественного изучения продукционно-деструкционных процессов в океане // *Труды ВНИРО*. 2015. Т. 155. С. 135–145.

СОЗДАНИЕ ТРАНСФИЦИРУЮЩИХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА РОЛИ miR-34a В РЕГУЛЯЦИИ КЛЕТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

М.Г. Тютякина, М.А. Махоткин, В.А. Тарасов

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
tyutyakina@mail.ru

Исследования последних 10–12 лет показали, что микроРНК является тотальным регулятором активности генов, под их контролем находятся основные клеточные процессы, такие как деление клеток и апоптоз, репарация ДНК и стабильность генома, процессы дифференцировки клеток. МикроРНК участвуют в развитии многих возникающих в течение жизни патологий человека, включая онкологические заболевания, диабет II типа [Casella et al., 2015], нейродегенеративные [Ma et al., 2013; Femminella et al., 2015] и сердечно-сосудистые заболевания [Lee et al., 2015; Oury et al., 2016]. Канцерогенез представляет собой микроэволюционный процесс, в основе которого лежат возникающие наследственные изменения генома, влияющие на функцию онкогенов и генов-супрессоров опухоли.

На данный момент в базе PubMed учтено порядка 23,5 тысяч работ, посвященных анализу роли микроРНК в развитии злокачественных опухолей, из них примерно 20 тысяч работ опубликовано в течение последних 5 лет. Этот громадный интерес к роли микроРНК в канцерогенезе обусловлен тем обстоятельством, что полученные в последние годы данные свидетельствуют в пользу того, что ключевую роль в инициации и развитии опухоли играют не классические мутации, а эпигенетические изменения генома, в первую очередь метилирование ДНК и аберрантная экспрессия микроРНК. Механизм регуляторного действия микроРНК в составе комплекса RISC (РНК-индуцируемого комплекса выключения гена) связан с распознаванием ее генов-мишеней, в результате чего происходит подавление их трансляционной активности или прямая деградация мРНК.

Известно, что miR-34a функционирует как опухолевый супрессор, ее мишенью является мРНК гена SIRT1 (silent information regulator 1). Ингибирование молекулами miR-34 экспрессии SIRT1 приводит к накоплению активной формы белка p53, это приводит к усилению экспрессии p21 и PUMA, которые являются мишенями p53. В результате этой активации регулируются фазы клеточного цикла и апоптоза. Кроме того, miR-34a сама является транскрипционной мишенью p53, что обуслjвливает образование положительной обратной связи между белком p53 и miR-34a [Yamakuchi et al., 2008].

Отмечается, что одними из самых ярких отличий злокачественных клеток от нормальных является нестабильность генома и подавление апоптоза. В связи с этим основная цель данной работы заключалась в конструировании векторов и получении трансфицированных клеточных линий, предназначенных для исследования роли микроРНК в эффективности протекания спонтанного и индуцированного апоптоза. При этом объектом исследования являлись перевиваемые клетки HeLa, представляющие собой классическую модель для цитологических и молекулярно-генетических исследований.

Создание рекомбинантных векторов для анализа зависимости эффективности индуцированного и спонтанного апоптоза от функциональной активности miR-34a. В качестве базовой плазмиды использовался адаптированный для трансфекции в клетки млекопитающих и человека вектор pCMV-MIR (Origene). Этот вектор содержит двойной маркер резистентности, кодирующий неомицин фосфотрансферазу, который, с одной стороны, позволяет бактериям выживать в присутствии антибиотика канамицина, а с другой – обеспечивает устойчивость эукариотических клеток к неомицину, что делает возможным

отбор трансфицированных клеток на селективной среде [Sacconi et al., 2012]. Для анализа эффективности трансфекции клеток млекопитающих в вектор встроен репортерный ген TurboGFP – мутант зеленого флуоресцентного белка CopGFP из копеподы *Pontellina plumata*, который хорошо подходит для мечения клеток и анализа генной экспрессии [Shagin et al., 2004]. В плазмиде находится также полилинкер – нуклеотидная последовательность, содержащая несколько уникальных перекрывающихся сайтов узнавания для рестрикционных эндонуклеаз. Полилинкер позволяет встраивать чужеродные фрагменты ДНК и находится под контролем сильного промотора цитомегаловируса человека (CMV).

Процедура создания рекомбинантного вектора включает в себя ряд последовательных этапов (рис. 1). На первом этапе были амплифицированы фрагменты ДНК гена предшественника микроРНК (pre-miR-34a) размером 407 п.н. в прямой и обратной ориентации (sense, antisense). Использованные при амплификации праймеры содержали рестрикционные фрагменты для клонирования последовательности пре-микроРНК в вектор. На втором этапе проводилось конструирование рекомбинантных векторов *in vitro*, включающий рестрикцию вектора и вставки, лигирование и очистку рекомбинантных плазмид для дальнейшей трансформации в клетки *E. coli*.

Для получения клонов, содержащих рекомбинантную плазмиду, использовали химический метод трансформации с применением 100 мМ хлористого кальция. Смесь трансформированных клеток высевали на агаризованную среду, содержащую канамицин и из выросших колоний выделяли рекомбинантную плазмиду.

Наличие вставки определяли по размеру амплифицированного в ходе ПЦР участка ДНК плазмиды, в состав которого входит полилинкер со вставкой клонируемого фрагмента ДНК или без нее.

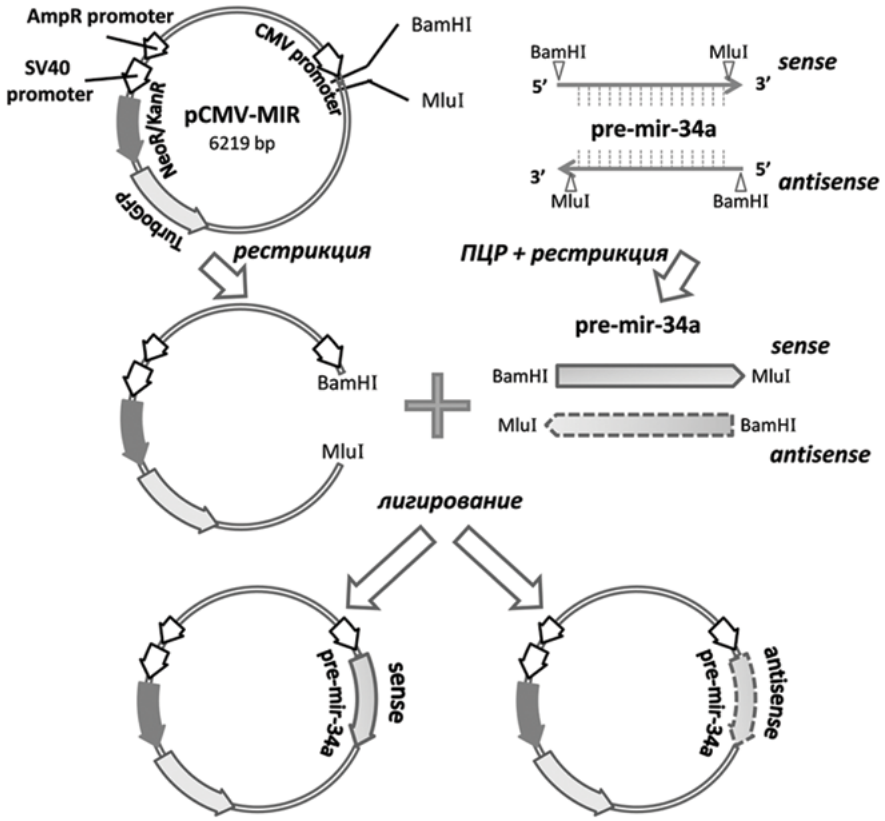


Рис. 1. Конструирование рекомбинантных векторов

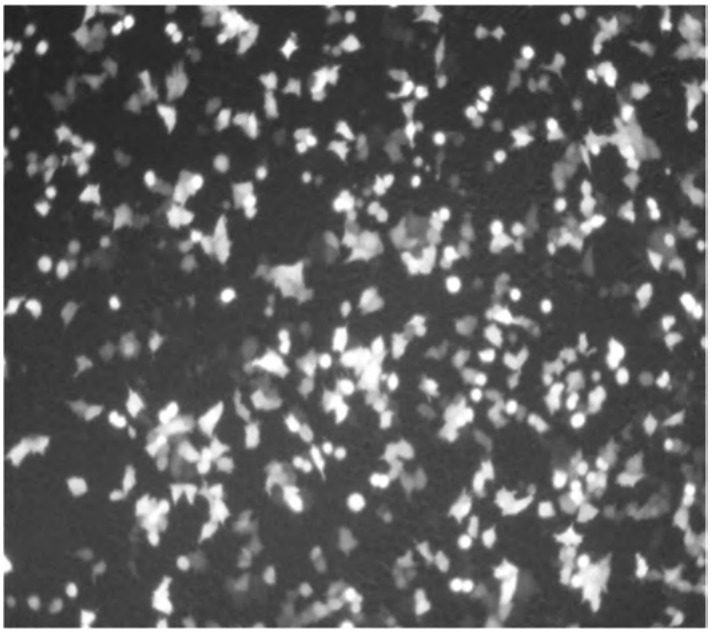


Рис. 2. Трансфицированные клетки HeLa

Получение трансфицированных клеток HeLa. Для трансфекции клеток HeLa использовался трансфицирующий агент Attractene (Qiagen) и два рекомбинантных вектора pCMV-MIR со вставкой pre-miR-34a, pCMV-miR-34aS и pCMV-miR-34aAS в прямом и обратном направлении соответственно. В трансфицированных клетках детектировалось свечение белка TurboGFP с пиком возбуждения 482 нм и эмиссии 502 нм флюоресцентным микроскопом фирмы Nikon Eclipse TS100.

На рисунке 2 представлены трансфицированные вектором pCMV-miR-34aS клетки HeLa. Светящиеся клетки содержат рекомбинантную плазмиду, в состав которой входит активный ген TurboGFP.

Создание двух рекомбинантных векторов, в состав которых входят фрагменты ДНК генов микроРНК в прямой и обратной ориентации, позволяют получить зависимость эффективности апоптоза и хромосомной нестабильности от изменения функциональной активности исследуемой микроРНК:

1) при нормальном ее содержании в нетрансфицированных клетках;

2) при повышении ее копийности при введении рекомбинантного вектора pCMV-miR-34aS с прямой ориентацией pre-miR-34a;

3) при понижении ее копийности при введении рекомбинантного вектора pCMV-miR34aAS с обратной ориентацией pre-miR-34a.

На данный момент проводятся эксперименты по количественной оценке зависимости индуцированного и спонтанного апоптоза и структурной нестабильности генома от функций miR-34a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Casella S., Bielli A., et al. Molecular pathways regulating macrovascular pathology and vascular smooth muscle cells phenotype in type 2 diabetes. *Int. J. Mol. Sci*. 2015. Vol. 16. No 10. P. 24 353–24 368.

Femminella G.D., Ferrara N., Rengo G. The emerging role of microRNAs in Alzheimer's disease. *Front. Physiol*. 2015. Vol. 12. No 6. P. 40.

Lee S., Choi E., et al. Impact of miRNAs on cardiovascular aging. *J. Geriatr. Cardiol*. 2015. Vol. 12. No 5. P. 569–574.

Ma L., Wei L., et al. Advances with microRNAs in Parkinson's disease research. *Front. Physiol.* 2013. Vol. 1. No 7. P. 1103–1113.

Oury C., Servais L., et al. MicroRNAs in valvular heart diseases: potential role as markers and actors of valvular and cardiac remodeling. *Int. J. Mol. Sci.* 2016. Vol. 13. No 7. P. E1120.

Sacconi A., Biagioni F., et al. miR-204 targets Bcl-2 expression and enhances responsiveness of gastric cancer. *Cell Death Dis.* 2012. Vol. 3. P. e423.

Shagin D.A., Barsova E.V., et al. GFP-like proteins as ubiquitous metazoan superfamily: evolution of functional features and structural complexity. *Mol. Biol. Evol*. 2004. Vol. 21. No 5. P. 841–850.

Yamakuchi M., Ferlito M., Lowenstein C.J. miR-34a repression of SIRT1 regulates apoptosis. *PNAS.* 2008. Vol. 105. No 36. P. 13 421–13 426.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗАТА СОЕВОГО БЕЛКА, ОБОГАЩЕННОГО ЙОДОМ И СЕЛЕНОМ

А.Д. Цикуниб, С.А. Гончарова, Ю.А. Дьяченко

Научно-исследовательский институт комплексных проблем Адыгейского государственного университета
г. Майкоп, Россия
cikunib58@mail.ru

Введение. Рацион современного человека дефицитен практически по всем эссенциальным нутриентам. Особую опасность представляет недостаток микроэлементов, в частности таких как йод и селен [Битуева, 2005; Гореликова и др., 2011]. Установлено, что йод и селен метаболически тесно связаны [Горбунов и др., 2011]. Дефицит селена усугубляет проявления йодной недостаточности, вызывает не только тиреоидную дисфункцию, но и индуцирует некротические, фиброзные изменения в щитовидной железе, стимулирует клеточную пролиферацию [Contempre, 1995]. Механизм взаимосвязи обмена этих микроэлементов основан на том, что селен входит в состав дейодиназы тироксина, занимающей ключевое положение в биосинтезе тиреоидных гормонов [Goyens et al., 1987; Croteau et al., 1996; Цикуниб, 2008]. Недостаток селена может существенно ингибировать данный процесс и быть одной из причин нарушений усвоения йода и возникновения случаев эндемического зоба, не поддающегося эффективной профилактике и лечению только препаратами йода [Berry et al., 1991]. В экспериментах на животных показано, что одновременный дефицит селена и йода приводит к более сильному гипотиреоидизму, чем дефицит одного йода [Artbur, Beckett, 1994]. По данным ФАО/ВОЗ, в настоящее время около 300 миллионов человек в мире имеют клинические проявления недостатка йода в организме – эндемический зоб и гипотиреоз. Проблема йодного дефицита для России остается чрезвычайно актуальной, так как более 70 % густонаселенных территорий страны имеют недостаток йода в воде, почве и продуктах питания [Ефремов и др., 2002].

Не менее актуальна обеспеченность населения нашей страны и ее регионов селеном. Так, согласно данным эпидемиологических исследований, в целом по России более чем у 80 % населения обеспеченность селеном ниже оптимальной [Третьяк, Герасимов, 2007]. В связи с этим актуальным является создание функциональных продуктов питания массового потребления, обогащенных биодоступными формами йода и селена, служащих эффективным способом обеспечения организма человека требуемыми количествами данных микронутриентов.

С другой стороны, необходимо отметить, что для российской пищевой промышленности большой интерес представляют белоксодержащие продукты из растительного сырья, в частности соевого шрота (изоляты, концентраты, текстурированные белки и гидролизаты), которые обладают необходимыми в комбинированных продуктах функциональными свойствами при меньшей стоимости по сравнению с альтернативными добавками животного происхождения – сухим молоком, казеином, яичными желтками и др. [Шишкина и др., 2006; Доморощенкова, 2001].

Цель исследования – разработка функционального продукта питания на основе соевого гидролизата для корректировки недостаточности йода и селена.

Материалы и методы. Исследования проведены в лаборатории нутрициологии и экологии НИИ комплексных проблем АГУ. Источниками селена и йода служили селенит натрия и йодид калия. В качестве матрицы для модификации селенитом натрия и йодидом калия использовали соевый гидролизат, полученный из полуобезжиренной дезодорированной соевой муки высшего сорта производства ООО «Гарнец» (г. Владимир), произведенный согласно ГОСТ 3898-56. Отбор средней пробы соевой муки проводили согласно ГОСТ 27668-88. Для про-

ведения ферментативного гидролиза соевой муки использовали препарат – фермент заместительной терапии Панкреатин-ЛекТ производства ОАО «Тюменский фармакологический завод», содержащий амилазу и протеазу активностью не менее 180 и 2800 ЕД ФИП соответственно. Гидролизат получали согласно технологии, разработанной А.З. Алиевым и З.З. Султановым [Алиев, Султанов, 2007]. Навеску соевой муки массой 90 г смешивали с 595 мл воды до гидромодуля 1:6,5, тщательно перемешивали, полученную суспензию кипятили в течение 5–10 мин, затем разбавляли водой до гидромодуля 1:13, подщелачивали до pH 7,8–8,2, вносили 1,8 г фермента и ферментировали в течение 3 ч в орбитальном шейкер-инкубаторе ES-20 при температуре 38 °С и 130 об/мин. Далее гидролизат соевого белка модифицировали сначала селенитом натрия (в расчете 50 мкг на 10 г гидролизата) в течение 4 часов при pH 9,0, температуре 0–4 °С, а затем йодидом калия (200 мкг на 10 г гидролизата) в течение 22–24 ч при pH 7,0, температуре 0–4 °С, после чего подвергали центрифугированию при 5000 об/мин в течение 5 мин.

Степень перехода микроэлементов в готовый продукт контролировали определением содержания йода и селена в полученном и исходном образцах. Селен определяли атомно-абсорбционным методом на ААС-Z-ЭТА, йод – титриметрическим методом.

Результаты исследования. Полученный продукт был подвергнут органолептической оценке, результаты которой представлены в таблице 1.

Таблица 1. Органолептическая оценка функционального продукта на основе соевого гидролизата, обогащенного йодом и селеном

Оценочные показатели	Полученные данные
Внешний вид и консистенция	однородная густая суспензия бежевого цвета
Запах	нейтральный
Вкус	нейтральный

По внешнему виду и консистенции продукт можно отнести к соусам. Результаты исследования содержания микроэлементов в полученном продукте и исходном соевом гидролизате представлены в таблице 2.

Таблица 2. Динамика перехода йода и селена в готовый продукт в процессе обогащения соевого гидролизата

Оценочные показатели	Исходный соевый гидролизат	Готовый функциональный продукт
Массовая доля йода, мкг/г	0,003	9,3 ± 0,01
Массовая доля селена, мкг/г	н/о	2,1 ± 0,03

Как видно из полученных данных, содержание йода в полученном продукте составило 9,3 ± 0,01 мкг/г, а содержание селена 2,1 ± 0,03 мкг/г, т.е. при использованной технологии достигнута степень перехода в конечный продукт: для селена 42 % и йода 46,5 %. При потреблении 10–15 г продукта в день обеспечивается в среднем 21–31,5 % и 46,5–69,7 % от адекватной рекомендуемой нормы потребления селена и йода в сутки соответственно. Продукт можно рекомендовать для добавления в супы, салаты, а также при выпечке хлеба и изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий. При этом продукты и блюда обогащаются не только йодом и селеном, но и аминокислотами.

Выводы. Получен функциональный продукт на основе соевого гидролизата, обогащенный йодом и селеном, позволяющий обеспечить более трети суточной потребности в данных нутриентах. Продукт может быть рекомендован для массового потребления в регионах с одновременным дефицитом йода и селена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алиев А.З., Султанов З.З. *Способ получения гидролизата сои:* пат. 2295249 РФ; заявл.13.05.2005; опубл. 20.03.2007.

Битуева Э.Б. *Биотехнология йодсодержащих БАД органической природы: теоретические основы получения и применения в технологии пищевых продуктов:* автореф. дис. … д-ра техн. наук. Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2005. 40 с.

Горбунов А.В., Ляпунов С.М., Окина О.И., и др. Поступление селена и йода в организм человека с различными рационами питания // *Экология человека*. 2011. № 10. С. 3–8.

Гореликова Г.А., Горбунчикова М.С. Технология получения биологически активной добавки из пшеницы, обогащенной селеном // *Ползуновский вестник*. 2011. № 3/2. С. 137–140.

Доморощенкова М.Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота // *Пищевая промышленность*. 2001. № 4. С. 5–11.

Ефремов А.А., Макарова Л.Г., и др. Минеральные вещества – основа снижения антропогенного воздействия окружающей среды на организм человека // *Химия растительного сырья*. 2002. № 3. С. 65–68.

Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания) // *Вестник ОГУ*. 2007. № 12. С. 136–145.

Цикуниб А.Д., Завгородний С.А. Обеспеченность селеном населения Республики Адыгея // *Вопросы питания*. 2008. Т. 77. № 2. С. 72–75.

Шишкина Л.Н., Козлова А.А., Милорадова Е.В. Влияние центрифугирования на состояние липидной компоненты соевого гидролизата // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2006. № 1. С. 25–27.

Artbur J.R., Beckett G.J. Roles of selenium in type I iodithyronine 5'-deiodinase and in thyroid hormone and iodine metabolism. *Selenium in biology and human health.* Ed. R.F. Burk. N.Y.: Springer-Verlag, 1994. P. 93–115.

Berry M.J., Kieffer J.D., et al. Selenocysteine confers the biochemical properties characteristic of the type I iodothyronine deiodinase. *J. Biol. Chem.* 1991. Vol. 266. P. 14155–14158.

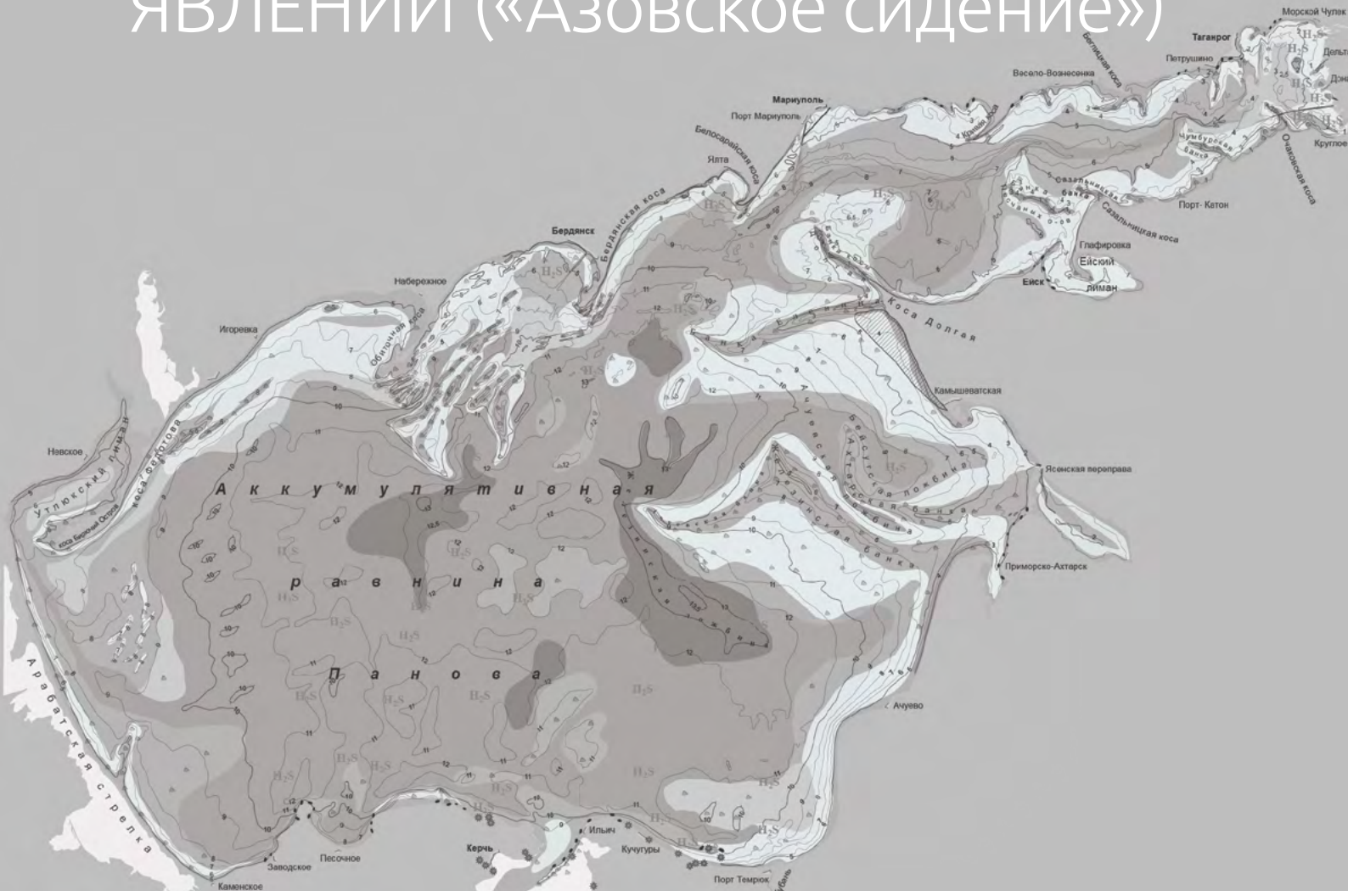
Contempre B. et al. Effects of selenium deficiency on thyroid necrosis, fibrosis and proliferation: a possible role in myxoedematous cretinism. *Eur. J. Endocrinol*. 1995. № 133(1). P. 99–109.

Croteau W., Davey J.C., et al. Cloning of the mammalian type II iodothyronine deiodinase – a selenoprotein differentially expresses and regulated in human and rat brain and other tissues. *J. Clin. Invest.* 1996. Vol. 98. P. 405–417.

Goyens P., Gostein J., et al. Selenium deficiency as a possible factor in the pathogenesis of myxoedematous endemic cretinism. *Acta Endocrinol.* 1987. Vol. 114. P. 497–502.

РАЗДЕЛ 6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АЗОВСКОМ МОРЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ («Азовское сидение»)



БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

Л.Г. Зубова, И.В. Романов

Луганский государственный университет им. В. Даля
г. Луганск, ЛНР; zubov-home@mail.ru

Целью данной работы является изучение береговых процессов Азовского моря. Для ее достижения были поставлены и решены следующие задачи: изучить гидродинамические факторы формирования морских берегов; проанализировать свойства морской воды; исследовать состав и свойства береговых отложений. Для решения первой задачи исследований «изучить гидродинамические факторы формирования морских берегов» были проанализированы параметры волновых движений Азовского моря. Так как в литературе в основном были приведены данные по 2010 г. [Атлас волнения … 2012], дальнейшие по 2015 год величины высот, длин, энергии волн Азовского моря были определены. Для определенной точки берега (в данном случае это г. Новоазовск) по данным ГИСМЕТЕО за 5 лет (с 2011 по 2015 г.), то есть за 60 месяцев определена средняя скорость ветра (табл. 1).

Таблица 1. Средняя скорость ветра (м/с) за 2011–2015 гг. (г. Новоазовск)

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2011	4,2	8,6	5,2	6,4	4,5	5,1	5	5,4	4,6	4,1	3,7	4,8
2012	6	4,8	6,4	3,9	4,7	4,5	5,5	4,8	4,3	4,2	5	6,3
2013	4	5,2	6,1	5,9	5	5,1	5	4,4	5,7	4,2	4,5	4,9
2014	7,2	5	7,7	3,5	2,5	4	3,1	2,9	3,4	3,1	2	2,6
2015	3	3,7	3	4,4	3,6	3	3,3	3,8	2,6	3	3,2	5,6

По общеизвестным формулам рассчитаны высота $h = 0{,}0208\ W^{5/4}I^{1/3}$, (м), длина $L = 0{,}304\ WI^{1/2}$, (м) и энергия волн $E = 1/8\ pgh^2L$ Азовского моря за 5 лет (то есть за 60 месяцев) при длине разгона 3 и 30 км (табл. 2). В таблице 3 представлены статистические показатели параметров волн за период 5 лет (2011–2015 гг.). На рисунке 1 представлены графики зависимости высоты (h) и энергии (E) волны от скорости ветра по годам и при длине разгона 30 км.

Таблица 2. Гидродинамические показатели

№	Скорость ветра, V (м/с)	Параметры волны при длине разгона					
		3 км			30 км		
		высота, h	длина, L	энергия, E	высота, h	длина, L	энергия, E
1	4,2	0,18	2,21	0,08	0,38	7	1,23
2	8,6	0,44	4,52	1,07	0,94	14,3	15,47
3	5,2	0,23	2,73	0,17	0,51	8,64	2,75
4	6,4	0,3	3,36	0,37	0,65	10,64	5,5
5	4,5	0,19	2,36	0,11	0,42	7,48	1,61
6	5,1	0,22	2,68	0,15	0,49	8,48	2,49
7	5	0,22	2,62	0,15	0,48	8,31	2,34
8	5,4	0,24	2,83	0,19	0,53	8,97	3,08

Окончание таблицы 2

9	4,6	0,2	2,41	0,11	0,43	7,64	1,73
10	4,1	0,17	2,15	0,07	0,37	6,81	1,14
11	3,7	0,15	1,94	0,05	0,33	6,15	0,82
12	4,8	0,21	2,52	0,13	0,45	7,98	1,97
13	6	0,28	3,15	0,3	0,6	9,97	4,39
14	4,8	0,21	2,52	0,13	0,45	7,98	1,97
15	6,4	0,3	3,36	0,37	0,65	10,64	5,5
16	3,9	0,16	2,05	0,06	0,35	6,48	0,97
17	4,7	0,2	2,47	0,12	0,44	7,81	1,85
18	4,5	0,19	2,36	0,1	0,42	7,48	1,61
19	5,5	0,25	2,89	0,22	0,54	9,14	3,26
20	4,8	0,25	2,52	0,19	0,45	7,98	1,97
21	4,3	0,18	2,26	0,08	0,39	7,15	1,33
22	4,2	0,18	2,21	0,08	0,38	6,98	1,23
23	5	0,22	2,62	0,15	0,48	8,31	2,34
24	6,3	0,29	3,31	0,34	0,64	10,47	5,25
25	4	0,16	2,1	0,06	0,36	6,65	1,05
26	5,2	0,23	2,73	0,17	0,5	8,64	2,64
27	6,1	0,29	3,2	0,32	0,61	10,14	4,62
28	5,9	0,27	3,1	0,27	0,59	9,81	4,26
29	5	0,22	2,62	0,15	0,48	8,31	2,34
30	5,1	0,22	2,68	0,15	0,49	8,48	2,49
31	5	0,22	2,62	0,15	0,48	8,31	2,34
32	4,4	0,19	2,31	0,1	0,41	7,31	1,5
33	5,7	0,26	2,99	0,24	0,56	9,47	3,63
34	4,2	0,18	2,21	0,08	0,38	6,98	1,23
35	4,5	0,19	2,36	0,1	0,42	7,48	1,61
36	4,9	0,21	2,58	0,13	0,74	8,14	2,2
37	7,2	0,35	3,78	0,56	0,76	11,97	8,46
38	5	0,22	2,62	0,15	0,48	8,31	2,34
39	7,7	0,38	4,04	0,71	0,82	12,8	10,54
40	3,5	0,14	1,84	0,04	0,31	5,82	0,68
41	2,5	0,09	1,31	0,01	0,2	4,15	0,2
42	4	0,16	2,1	0,06	0,36	6,65	1,05
43	3,1	0,12	1,63	0,02	0,26	5,15	0,42
44	2,9	0,11	1,52	0,03	0,24	4,82	0,34
45	3,4	0,13	1,78	0,03	0,29	5,65	0,58
46	3,1	0,12	1,63	0,02	0,26	5,15	0,42
47	2	0,07	1,05	0,006	0,15	3,32	0,09
48	2,6	0,09	1,36	0,01	0,21	4,32	0,23
49	3	0,11	1,57	0,02	0,25	4,98	0,38
50	3,7	0,15	1,94	0,05	0,33	6,15	0,82
51	3	0,11	1,57	0,02	0,25	4,98	0,38
52	4,4	0,19	2,31	0,1	0,41	7,31	1,84
53	3,6	0,14	1,89	0,04	0,31	5,98	0,7
54	3	0,11	1,57	0,02	0,25	4,98	0,38
55	3,3	0,13	1,73	0,03	0,28	5,48	0,52
56	3,8	0,15	1,99	0,05	0,34	6,31	0,89
57	2,6	0,09	1,36	0,01	0,21	4,28	0,23
58	3	0,11	1,57	0,02	0,25	4,98	0,38
59	3	0,12	1,68	0,02	0,27	5,32	0,47
60	5,6	0,25	2,94	0,22	0,55	9,31	3,44

Таблица 3. Статические показатели параметров волн

Показатели	Скорость ветра, V	Длина разгона 3 км			Длина разгона 30 км		
		высота волны, h	длина волны, L	энергия волны, E	высота волны, h	длина волны, L	энергия волны, E
$\overline{x} = \frac{\sum^{x}}{n}$	4,52	0,196	2,37	0,14	0,42	7,51	2,29
$S^2 \frac{\sum (x-\overline{x})^2}{n-1}$	1,72	0,01	0,48	0,03	0,02	4,77	6,87
$S = \sqrt{S^2}$	1,31	0,1	0,69	0,17	0,14	2,18	2,62
$V_x = \frac{S}{x} \times 100\ \%$	28,98	51,02	29,11	121,42	33,3	29,02	114,45
$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$	0,16	0,013	0,08	0,02	0,018	0,28	0,33

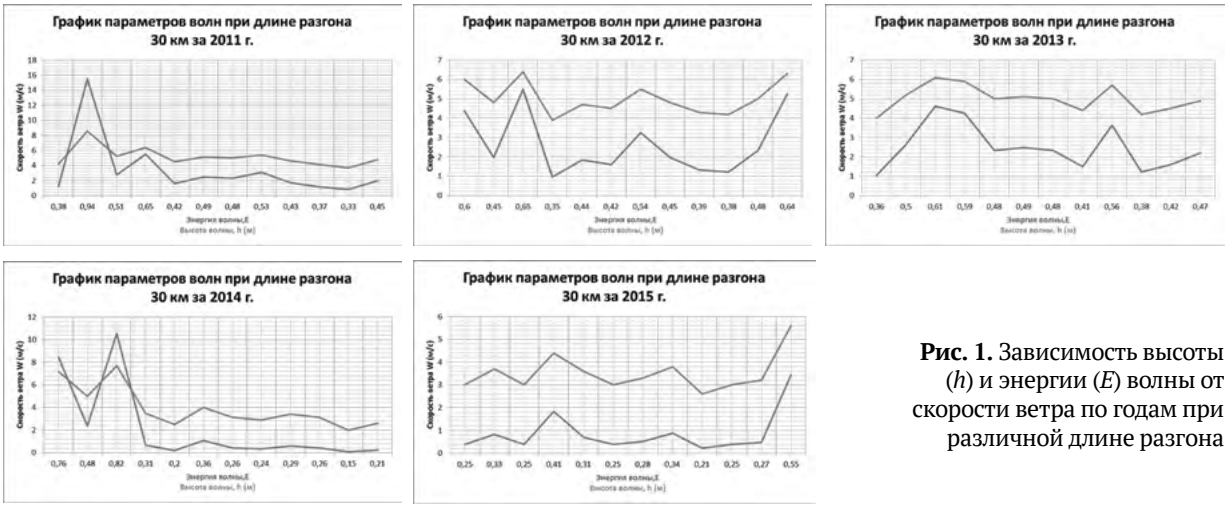


Рис. 1. Зависимость высоты (h) и энергии (E) волны от скорости ветра по годам при различной длине разгона

Разрушение пород, слагающих берега, может происходить под воздействием растворяющей способности воды. Химическая абразия наиболее распространена на берегах, сложенных известняками. Скорость химической абразии составляет 0,5–5 мм в год и зависит от гидродинамического режима, от состава пород, слагающих береговой склон, от свойств воды. Минерализация воды и прежде всего степень насыщения ее компонентами, входящими в состав растворимой породы, определяет её химическую агрессивность [Каплин и др., 1991]. Нами определены минерализация и другие химические показатели морской воды, отобранной у берега и на расстоянии 50 м от берега (табл. 4).

Таблица 4. Химические показатели морской воды Азовского моря

Показатели	Вода у берега	Вода на расстоянии 50 м от берега
pH (pH метр)	7,1	6,8
SO_4	10–100 мг/л	10–100 мг/л
Cl	10–50 мг/л	10–50 мг/л
Минерализация	1080 мг/л	1120 мг/л
Жесткость	14,92 моль/м^3	14,93 моль/м^3

Для решения третьей задачи исследований определен гранулометрический состав песчаных грунтов береговых отложений с коэффициентом неоднородности песчаного грунта $K_{60/10} = d_{60}/d_{10} = 0,575/0,17 = 3,38 > 3,9$. То есть грунт береговых отложений – песок мелкой крупности, неоднородный. На рисунке 2 представлены циклограмма сухого рассева в процентном соотношении для каждой фракции и суммарная кривая гранулометрического состава береговых отложений в полулогарифмическом масштабе.

Угол внутреннего трения (Tg α) песка береговых отложений по углам обрушения и углу естественного откоса определялся по следующей формуле: $Tg\ \alpha° = AB/BC = 45/78 = 0,577$, отсюда $\alpha = 30$ (рис. 3). Для определения коэффициента фильтрации ($K_ф$) была использована формула Хазена

$$K_ф = 600 \times 0,172 \times 1,24 = 21,5 \text{ м/сут.}$$

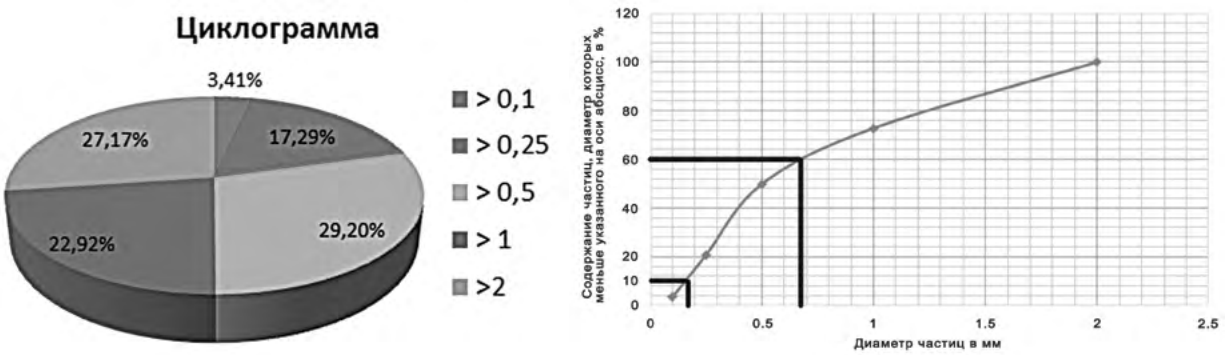


Рис. 2. Циклограмма сухого рассева и суммарная кривая гранулометрического состава береговых отложений в полулогарифмическом масштабе

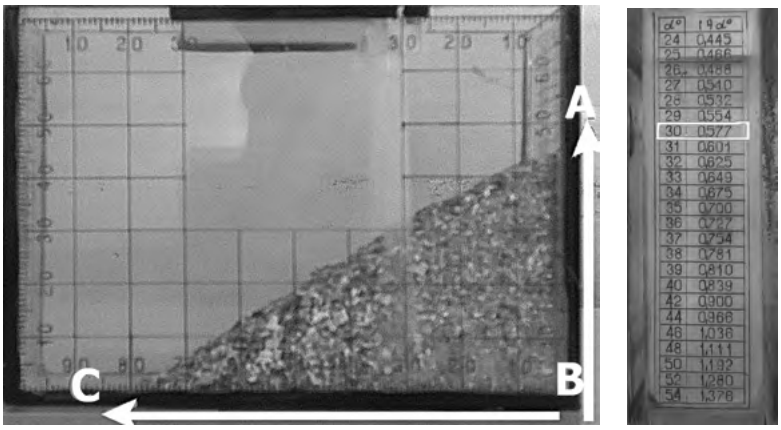


Рис. 3. Определение угла внутреннего трения песка береговых отложений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас волнения, течения и уровней Азовского моря / под ред. д-ра физ.-мат. наук В.В. Фомина; Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Киев, 2012. 240 с.

Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. *Берега*. М: Мысль, 1991. 479 с.

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.В. Кулыгин

Институт аридных зон Южного научного центра РАН
г. Ростов-на-Дону, Россия; kulygin@ssc-ras.ru

Каждый год воздействия опасных природных явлений на планете приводят к многочисленным жертвам и существенному ущербу имуществу и инфраструктуре. В то же время преобладающей, в том числе и в России, остается практика ликвидации последствий опасных явлений. Хотя очевидно, что необходима научно обоснованная стратегия планирования мероприятий по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных опасными явлениями, и по снижению их последствий. Одним из ее основных элементов должен стать процесс распределения ограниченных ресурсов, направленных на снижение различных видов риска с целью достижения требуемого уровня безопасности населения и окружающей среды.

В области анализа рисков разработаны методы оценки рисков отдельных опасностей, таких как наводнения, землетрясения и т.д., некоторые из которых активно используются с целью уменьшения риска природных опасностей. Вместе с тем опасные природные явления процессы не возникают по отдельности. Многие регионы мира подвержены воздействию совокупности природных опасностей. Например, в прибрежных зонах наблюдаются следующие явления: шторма, наводнения, береговая эрозия, опасные ледовые явления и т.д. Игнорирование взаимодействия опасных природных явлений может исказить приоритеты в области управления: повысить уязвимость к отдельным опасностям, возникающим на рассматриваемой территории, или недооценить общий риск бедствий.

В то же время, несмотря на прилагаемые усилия в России, управление деятельностью, связанной с эксплуатацией морских и прибрежных экосистем и ресурсов, не имеет системного характера. В этой связи актуальной проблемой является формирование интегрированной системы управления морским природопользованием, включающей блок оценки рисков опасных природных явлений для разных видов морехозяйственной деятельности, которая могла бы обеспечить экономико-экологическую безопасность и исправить ситуацию с формированием прогнозов и предупреждения населения. Целью работы является разработка концептуальных положений интегральной оценки риска совокупности опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности, а именно описание основных понятий, принципов представления и анализа геоинформации об опасных природных процессах в акватории шельфовых морей и береговой зоне.

Концепция представления и оценки рисков опасных природных явлений в геосистемах, основывается на анализе определенной площади земной поверхности, подвергающейся воздействию совокупности опасных природных процессов. Рассматриваемая геосистема представляет собой морскую и прибрежную экосистемы с надстроенными над ними отраслевыми морехозяйственными комплексами. Здесь следует отметить, что отдельные отрасли хозяйственной деятельности не образуют единую системную общность (не случайно существуют понятия «рыбохозяйственный комплекс», «судоремонтный комплекс», «нефтегазовый комплекс» и т.д.) в отличие от морей, которые, будучи природными образованиями, действительно организованы системно. Содержательное объединение экосистемы и морехозяйственного комплекса в единое целое наиболее адекватно реализуется в рамках понятия морской эколого-экономической (или природно-хозяйственной) системы. При этом

формирование единого морехозяйственного комплекса в масштабах страны или региона возможно только при росте взаимосвязей и достижении оптимального сочетания основных отраслей специализации на море и побережье.

Опасные природные явления имеют пространственный и временной характер проявления в геосистеме, поэтому при разработке метода интегральной оценки риска совокупности опасных явлений необходимо прежде всего определить основной элемент геомодельного представления рассматриваемой системы и подход к учету временной динамики.

Геосистема делится на пространственные единицы таким образом, чтобы они естественным образом отражали пространственные особенности воздействия опасных природных явлений на геосистему, специфику морехозяйственной деятельности и состояние экосистемы. Каждая пространственная единица представляет собой геообъект, который может рассматриваться как отдельный элемент, сложившийся в результате взаимодействия геологических, геоморфологических, океанографических, климатических и антропогенных факторов.

Каждому выделенному геообъекту ставится в соответствие ряд признаков / свойств, характеризующих морехозяйственную деятельность, осуществляемую в пределах выделенного региона, а также наличие объектов, подверженных воздействию опасных природных явлений. Кроме того, для каждого геообъекта в ходе оценки задаются перечень и характеристики рассматриваемых опасных природных явлений, и в итоге получается определенное интегральное значение риска, характеризующее степень опасности.

Под риском будем понимать количественную меру опасности с учетом величины, связанной с ней ущерба. В контексте опасных природных явлений будем разделять два понятия: природная опасность (natural hazard) – вероятность проявления опасных природных процессов в пространстве и времени с определенной магнитудой, и риск – вероятность ущерба (социального, экономического, экологического) при проявлении определенной природной опасности.

В основе количественной оценки последствий от различных опасных явлений лежат концепции «подверженности» (exposure) и «уязвимости» (vulnerability).

Подверженность определяется наличием элементов, подверженных риску (население, сооружения, экологические услуги и ресурсы, инфраструктура, или экономические, социальные, а также культурные ценности), в тех местах, которые могут подвергнуться негативному воздействию [Руководящие указания ВМО … 2015].

Уязвимость означает восприимчивость подверженных воздействию элементов, таких как люди, их средства к существованию и имущество, к неблагоприятным последствиям в тех случаях, когда на них воздействует опасное явление [Руководящие указания ВМО … 2015]. Иными словами, это свойство объектов полностью или частично утрачивать способность к выполнению своих функций в результате воздействия опасного явления. Оценка уязвимости обычно дается в относительных единицах или процентах.

Для учета воздействий от совокупности опасных природных явлений в мировой практике развиваются концепции «multi-hazards» («множественных / множества опасных явлений») и «multi-risk» («мульти-риск») [Gallina et al., 2016]. В них понятия опасности и уязвимости расширяются до «мульти-опасности» (multi-hazards) и «мульти-уязвимости» (multi-vulnerability) соответственно. Существует несколько трактовок каждого из этих понятий. Под «мульти-опасностью» чаще всего понимают группу различных опасных явлений, угрожающих одним и тем же объектам (одновременно или в разное время). Под «мульти-уязвимостью» понимают зависимость степени уязвимости элементов, подверженных воздействию (население, строения, инфраструктура и т.д.), от типа опасного явления.

Можно выделить два основных подхода к рассмотрению совокупности опасных явлений. Первый подход подразумевает анализ опасностей, подверженности и уязвимости по отдельности для получения ряда индексов компонент опасности, подверженности и уязвимости, которые затем агрегируются для получения индекса риска совокупности опасных явлений:

$$R = f\left(\sum_{i=1}^{n} H_i, \sum_{i=1}^{n} E_i, \sum_{i=1}^{n} V_i\right).$$

где R – это риск множества природных опасностей, H_i – индекс опасности, E_i – индекс подверженности и V_i – индекс уязвимости i-ого опасного природного явления.

В рамках второго подхода сначала рассчитываются индексы риска для каждого типа опасного явления (при этом рассматривается уязвимость и подверженность), затем с учетом весов отдельных опасностей производится их агрегация для получения итоговой оценки:

$$R = \sum_{i=1}^{n} f(H_i, E_i, V_i).$$

Несмотря на то, что существующие методологии сосредоточены на разработке карт и инструментов, используемых для управления пространственным риском и ликвидацией последствий стихийных бедствий, обычно они не рассматривают сценарии будущих опасностей. Они в основном полагаются на текущую и/или историческую информацию об опасных явлениях и уязвимостях, пренебрегая соображениями по поводу будущих климатических и социально-экономических сценариев. В то же время риски, обусловленные природными опасностями, меняются в течение времени вместе с изменением окружающей среды. Вероятность возникновения и магнитуда опасных природных процессов могут меняться под воздействием климатических изменений.

Для учета факторов неопределенности и временной динамики при оценке рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности предлагается использовать сценарный подход, аналогичный представленному в работе [Селютин и др., 2009]. При этом предусматриваются два типа сценариев: сценарии использования экосистемных услуг объектами морехозяйственной деятельности и сценарии возникновения опасных природных явлений.

Сценарий использования экосистемных услуг – это план ведения хозяйственной деятельности, который задает динамику показателей подверженности и в тоже время характеризует нагрузку на экосистему. Экосистема моря и прибрежной территории выступает с одной стороны объектом деятельности, а с другой – источником возникновения и протекания опасных природных явлений. Поэтому характер (частота и интенсивность) опасных явлений определяется динамикой показателей / индикаторов состояния экосистемы и внешних воздействий, которые составляют сценарии второго типа.

В этом случае модель расчета риска совокупности опасных явлений для каждого геообъекта приобретает вид:

$$R^t = \sum_{i=1}^{n} f(H_i^t, E_i^t, V_i^t), \; H_i^t = g_i(S_h^t), \; E_i^t = h_i(S_a^t), \; V_i^t = k_i(H_i^t, E_i^t)$$

где S_h^t – сценарий опасных явлений; S_a^t – сценарий использования экосистемных услуг; g_i, h_i, k_i – функциональные зависимости; $i = 1..n$ – число типов опасных явлений, $t = 1..T$ – момент времени.

Зависимости g_i фактически представляют собой расчет гидрометеорологических величин и оценки по их значениям вероятностей опасных явлений. Эти оценки совместно с информацией об элементах, подверженных воздействию, используются для расчета показателей уязвимости (площадь воздействия опасного явления, уровень повреждения и т.д.), а те в свою очередь – для расчета показателей ущерба (риска).

На заключительном этапе осуществляется агрегация получаемых оценок ущербов в пространстве и времени. Предложенный подход позволяет в явном виде производить сравнение агрегированных значений для разных стратегий ведения хозяйственной деятельности для выбора наилучшей.

Предложенная концепция фокусирует внимание на понятиях и принципах, которые должны учитываться в методах оценки риска опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности. Планирование управлением морским хозяйством и землепользованием прибрежных территорий должно сопровождаться разработкой геомодели региона: выделением геоморфологических единиц, отражающих пространственные особенности геосистемы. Предложенный сценарный подход позволяет ввести в процедуру оценки рисков опасных явлений учет климатический изменений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60043 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Руководящие указания ВМО по обслуживанию прогнозами и предупреждениями о многих опасных явлениях с учетом их возможных последствий. ВМО № 1150 / Секретариат Всемирной метеорологической организации. Женева-Швейцария, 2015.

Селютин В.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В. Сравнительный анализ сценариев водопользования на примере водохозяйственной системы Нижнего Дона // *Водные ресурсы*. 2009. Т. 36. № 2. С. 240–252.

Gallina V., Torresan S. et al. A review of multi-risk methodologies for natural hazards: Consequences and challenges for a climate change impact assessment. *Journal of Environmental Management*. 2016. Vol. 168. P. 123–132.

ОПЫТ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГОННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДЕЛЬТЕ ДОНА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД (апрель – октябрь) 2015 года

И.А. Третьякова[1,2], А.Л. Чикин[1], С.В. Бердников[1,2]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
ira.tretyakova@gmail.com

Ветровой нагон, так же как паводок, половодье, является стихийным бедствием, если уровень воды оказывается настолько высоким, что происходит затопление населенных пунктов, повреждение промышленных и транспортных объектов, посевов сельскохозяйственных культур.

Нагонные наводнения происходят в устьях рек, а также на ветреных участках морского побережья, крупных водохранилищ и озер. Такие наводнения происходят в любые сезоны, не периодичны, характеризуются большим подъемом уровня воды. И нередко охватывают большие территории.

Продолжительность затопления обычно колеблется от нескольких десятков часов до нескольких суток. Чем крупнее водоем и меньше его глубина, тем больших размеров достигают нагоны.

В России нагонные наводнения характерны для Таганрогского залива и устья Дона, Финского залива и устья Невы, Обской губы, Сахалинского залива.

Для изучения закономерностей формирования гидрологического режима дельтовой области реки Дон в 2007 г. организован постоянный гидрологический пост на научно-экспедиционной базе Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН) с. Кагальник (гирло Свиное). Данные об уровне на гидрологическом посту Кагальник являются репрезентативными для всей дельты, так как колебания уровня в различных рукавах практически синхронны. Дифференциация хода уровня по рукавам дельты связана с морфометрическими параметрами русла и разным характером берегов [Матишов и др., 2008; Пономаренко и др., 2012].

В период с ноября 2012 г. по февраль 2013 г. по заказу министерства ГОЧС и общественной безопасности Краснодарского края была развернута автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации (АС МПСКК) на территории 29 муниципальных образований. В рамках нее установлены 7 датчиков уровня на побережье Азовского моря и один датчик на причале ЮНЦ РАН в хуторе Донской (дельта Дона).

Несмотря на формирование базы данных по уровням в дельте Дона, какой-либо общепринятой классификации для нагонных явлений не установлено. Для удобства анализа штормовые нагоны были условно разделены на группы, отличающиеся по своей интенсивности: слабые, умеренные, сильные, экстремальные.

Подобную классификацию можно встретить в статье [Матишов, Бердников, 2015], а также в электронно-справочном пособии «Стихия ДВ» [2016].

Для п. Кагальник и х. Донской величина подъема уровня для указанных групп нагонов будет следующей (относительно среднего уровня):

– *обычные*: меньше 50 см;
– *умеренные*: от 50 до 130 см;
– *сильные*: от 130 до 230 см;
– *экстремальные*: больше 230 см.

Таким образом, к экстремальным нагонам относятся те, которые наносят огромный материальный ущерб, затоплению подвергается множество населенных пунктов и инженерных коммуникаций, временно изменяется жизненный уклад населения.

Подъем уровня при сильных нагонах приводит к неблагоприятному явлению (НЯ), а при экстремальных – к опасному явлению (ОЯ) [РД 52.04.563, 2002].

Согласно выработанной классификации уровней в 2015 г. были проведены работы по прогнозированию нагонных явлений, способных привести к НЯ или ОЯ.

Прогноз осуществлялся для метеорологических условий, которые приводят к нагонным явлениям в дельте Дона. К ним относится ветер западной составляющей и скоростью более 8 м/с. Таких нагоноопасных синоптических ситуаций за весь 2015 г. выявлено 31, за теплый период с апреля по октябрь – 14. При анализе значений уровня с постов в п. Кагальник и х. Донской случаев сильных нагонов было зафиксировано за весь год – 5, за теплый период с апреля по октябрь – 3. Но только в апреле в течение 8 дней создавались условия для формирования сильных нагонов и именно этот период взят для анализа в данной работе.

При прогнозировании уровня были использованы данные о направлении и скорости ветра с дискретностью 6 часов по метеостанции г. Таганрог. Расчет осуществлялся с применением компонента «Нагонные явления» [Третьякова и др., 2015; Третьякова, Чикин, 2015] системы краткосрочного прогнозирования опасных природных явлений в регионе Азовского моря "EX-MARE" [Бердников и др., 2015; Кулыгин и др., 2015]. Основой данного компонента является гидродинамическая модель SASMO [Чикин, 2005; Чикин, 2009].

Было выполнено два прогноза с заблаговременностью 3 суток. Один прогноз был выполнен 16 апреля 2015 г. при скорости и направлении ветра по метеопрогнозу электронного портала «Расписание погоды» [Погода в Таганроге, 2015] (см. рис. 1 *А*, *Б*). Второй прогноз был выполнен 18 апреля 2015 г. так же при скорости и направлении ветра по метеопрогнозу электронного портала «Расписание погоды» (рис. 1 *В, Г*).

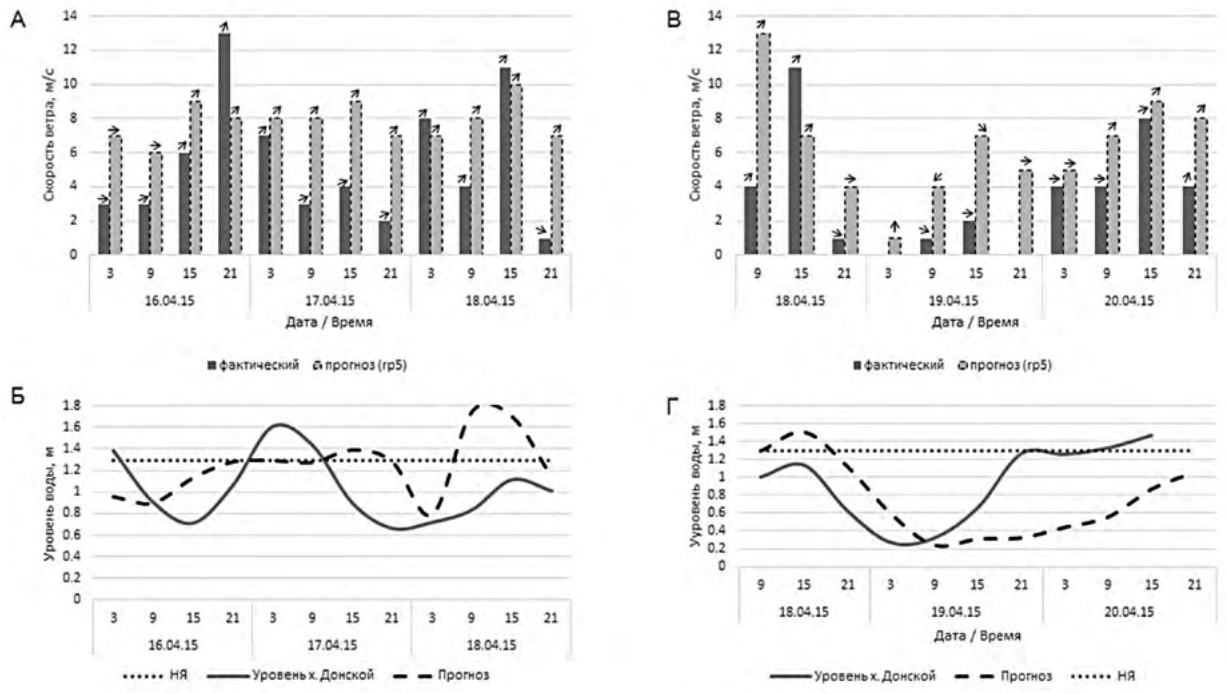


Рис. 1. Прогноз сильных нагонов в дельте Дона в апреле 2015 г.

Примечания: *А* – прогнозные и наблюдаемые скорость и направление ветра на период 16–18 апреля 2015 г. (метеостанция г. Таганрога); *Б* – прогнозная динамика уровня в сопоставлении с показателями уровнемера в х. Донском; *В* – прогнозные и наблюдаемые скорость и направление ветра в период 18–20 апреля 2015 г. (метеостанция г. Таганрога); *Г* – прогнозная динамика уровня в сопоставлении с показателями уровнемера в х. Донском.

Анализ результатов расчета и входной информации показал, что отклонение прогнозного ветра от фактического в пределах до 3 м/с незначительно влияет на результат вычислений. Однако при увеличении этой разницы расхождения весьма существенные. Так, для максимума уровня 17 апреля 2015 г. значение ветра, подаваемого на вход модели SASMO, было меньше фактического на 5 м/с, а 18 апреля 2015 г. больше фактического на 9 м/с.

Как показали наши вычислительные эксперименты, на результат прогнозирования сильных и экстремальных значений уровня в первую очередь влияет качество прогноза синоптической ситуации (степень совпадения с фактическими значениями направления и скорости ветра), а также дискретность входных данных. При использовании метеоданных с шагом в 6 часов прогноз уровня дает только приближенные значения, которые позволяют получить его ход, повторяющий общую форму наблюдаемой кривой, но в точках экстремума различия могут быть существенны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00318 мол_а «Исследование влияния ветрового волнения и нагонных явлений на процессы образования и разрушения ледового покрова в Азовском море»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бердников С.В., Кулыгин В.В., Шевердяев И.В., Третьякова И.А., Яицкая Н.А., Дашкевич Л.В., Чикин А.Л., Архипова О.Е., Лихтанская Н.В., Сорокина В.В., Немцева Л.Д., Магаева А.А., Макаровский Г.В. Программный комплекс EX-MARE – система краткосрочного прогнозирования опасных природных явлений в регионе Азовского моря // *Экология. Экономика. Информатика*: сб. ст. в 3 т. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 47–59.

Кулыгин В.В., Шевердяев И.В., Третьякова И.А., Яицкая Н.А., Дашкевич Л.В., Чикин А.Л., Архипова О.Е., Лихтанская Н.В., Сорокина В.В., Немцева Л.Д., Магаева А.А., Макаровский Г.В. Система краткосрочного прогнозирования опасных природных явлений как инструмент поддержки принятия решений при планировании развития региона Азовского моря // *Экологич. стратегия развития прибрежных регионов: география, окружающая среда, население. Медико-экологические и социально-экономические проблемы прибрежных регионов*: мат-лы Всерос. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 15–18 дек. 2015 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. С. 81–97.

Матишов Г.Г., Бердников С.В. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // *Известия РАН. Сер. географич*. М.: Наука, 2015. № 3. С. 111–118.

Матишов Д.Г., Пряхина Г.В., Федорова И.В., Сорокина В.В. Современный сток воды и наносов в дельте реки Дон (по результатам экспедиционных исследований) // *Вестн. Южного научного центра*. 2008. Т. 4. № 3. С. 72–78.

Пономаренко Е.П., Сорокина В.В., Бирюков П.А. Сгонно-нагонные явления в дельте реки Дон в 2007–2010 гг. и их прогнозирование // *Вестн. Южного научного центра*. 2012. Т. 8. № 1. С. 28–37.

Погода в Таганроге // Расписание погоды: [сайт]. URL: http://rp5.ru (дата обращения: 18.04.2015).

РД 52.04.563. Инструкция. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок передачи штормового сообщения. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002, 27 с.

Третьякова И.А., Чикин А.Л., Бердников С.В. Прогнозирование нагонных явлений с применением модели SASMO // *Экология. Экономика. Информатика*: сб. ст. в 3-х т. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 288–291.

Третьякова И.А., Чикин А.Л. Применение модели SASMO при составлении краткосрочных прогнозов // *Экологич. стратегия развития прибрежных регионов: география, окружающая среда, население. Медико-экологические и социально-экономические проблемы прибрежных регионов*: мат-лы Всерос. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 15–18 дек. 2015 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. С. 205–212.

Чикин А.Л. Двухслойная математическая модель ветровых течений в водоемах, имеющих большие площади мелководья // *Матем. моделирование*. 2009. Т. 21. № 12. С. 152–160.

Чикин А.Л. Об одном из методов расчета параметров течений в водоемах с большой неоднородностью глубин // *Водные ресурсы*. 2005. Т. 32. № 1. С. 55–60.

Электронно-справочное пособие «Стихия ДВ». URL: http://rus.ferhri.ru/danger/index.html (дата обращения: 04.05.2016).

МОДЕЛЬНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПОВЕДЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Pb, Cd) В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ДОНА

А.Е. Цыганкова[1], С.В. Бердников[2], В.В. Сорокина[3], Е.Г. Алешина[3]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, aetsygankova@yandex.ru
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия, berdnikov@ssc-ras.ru
[3]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
sorokina@ssc-ras.ru, el.alyoshina@yandex.ru

В рамках проекта РГО «Интегральная оценка эколого-геохимического состояния аквальных систем устьевой области Дона» (грант РФФИ 13-05-41528 РГО_а) проводятся полевые исследования с целью количественной оценки геохимических потоков тяжелых металлов (ТМ) и биогенных элементов.

Под влиянием сильного юго-западного ветра («низовка») в устьевой области Дона происходит повышение уровня (нагон), на фоне которого развивается значительное волнение, приводящее к взмучиванию донных отложений. Кроме этого, затапливаются значительные площади дельты Дона, почва на которых в этот период находится в контакте с водами повышенной минерализации. При снижении уровня затопленные участки земли освобождаются от воды, которая ручьями, обогащенными почвенным материалом, стекает в ерики и гирла, разветвленную речную сеть дельты Дона.

При сильном северо-восточном ветре («верховка») уровень воды падает, обнажаются значительные участки дна, донные отложения вступают в контакт с воздухом. Нагоны препятствуют нормальному судоходству, суда выходят в Таганрогский залив по узкому судоходному каналу, винты судов взмучивают донные отложения, существенно повышая мутность воды. Даже в условиях нормального уровня реки проход судна детвейтом 5000 тонн приводит к формированию волнового воздействия на берега и абразионному их разрушению.

Периодическая расчистка судоходного канала, выемка донных отложений и сброс их в акваторию залива на специально отведенных участках (т.н. «свалки грунта») также приводят к локальному повышению содержания взвеси в воде, хотя и на небольших участках акватории.

Все эти процессы и факторы природного и антропогенного характера, происходящие в различных гидродинамических и гидрохимических условиях устьевой области Дона, изменяют равновесие в системе распределения соединений ТМ между водой, взвесью и донными отложениями.

В работе [Бердников и др., 2014] предложен подход, направленный на разработку и применение мультикомпартментальной балансовой модели для изучения динамики соединений тяжелых металлов в экосистеме Азовского моря с детализацией для устьевой области. Рассмотренная там же математическая модель миграции соединений ТМ в устьевой области Дона предполагает учет рассмотренных выше процессов и факторов, но нуждается в количественной оценке параметров математической модели и некоторых внешних потоков ТМ.

В данном докладе обсуждаются методика и результаты лабораторно-экспериментального изучения процессов, определяющих соотношение между растворенной и взвешенной формами ряда соединений ТМ в устьевой области для оценки параметров, используемых в математической модели.

Условия опыта. Лабораторные эксперименты проводились по стандартным методикам выполнения измерений массовой концентрации металлов в питьевых, природных и сточных водах (ПНДФ 14.1:2.4.140-98) и валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля и марганца в почвах, донных отложениях и осадках сточных вод (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02) методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

В качестве исходного материала для экспериментов были использованы пробы воды и донных отложений, отобранные в первой половине лета в разных по гидродинамическим условиям водотоках дельты Дона: несудоходном гирле Свиное возле береговой научно-экспедиционной базы (БНЭБ) ЮНЦ РАН и на судоходном канале в районе причала ЮНЦ РАН в х. Донской. При этом рассматривались соединения следующих ТМ – Cu, Pb и Cd. Выбор этих микроэлементов определялся прежде всего чувствительностью используемого в работе прибора КВАНТ-Z.ЭТА.

Для характеристики концентрации растворенных металлов в водах устьевой области Дона анализировались пробы воды, отобранные в июне 2015 г., полученные в результате фильтрации через мембранный фильтр Владипор МФАС-ОС-02 с диаметром пор 0,45 мкм (фильтр предварительно кипятят в деионизированной воде, высушивают до постоянной массы и взвешивают). В подкисленном (до pH < 2) фильтрате определяются ТМ.

После этого фильтры высушиваются и взвешиваются. Концентрация взвеси в воде рассчитывается на основании объема отфильтрованной пробы и массы фильтра. Для определения концентрации ТМ в этом растворе фильтр помещается в колбу, заливается азотной кислотой и кипятится в течение двух часов, после этого полученный экстракт переносится в мерную колбу объемом 25 мл и доводится до метки.

Описание методики эксперимента. Для изучения перехода соединений ТМ из образцов донных отложений в воду отбирались три навески по 1, 2 и 5 г из каждой пробы в отдельные полиэтиленовые сосуды, которые заливались профильтрованной речной водой объемом 100 мл, энергично периодически встряхивались. Через 1, 24, 48 и 96 часов из соответствующего сосуда осторожно отбиралось по 1 мл воды и центрифугировалось для удаления попавших туда частиц.

После цинтрифугирования из верхней части пробирок отбиралось по 5 мкл воды и вводилось в графитовую печь атомно-абсорбционного спектрофотометра для определения ТМ методом электротермической атомизации на приборе КВАНТ-Z.ЭТА. Рабочие условия определения ТМ устанавливались в соответствии с рекомендацией фирмы-производителя.

Соотношение твердой и жидкой фазы в экспериментальных сосудах было для разных навесок соответственно 1:10000, 1:20000, 1:50000, что соответствует мутности 10, 20 и 50 г/л соответственно.

Обсуждение. В условиях эксперимента по взмучиванию донных отложений сразу после интенсивного перемешивания навесок донного осадка отмечали, что концентрация меди в растворе резко увеличивается, а затем, спустя 48–96 ч система возвращается в исходное состояние, концентрация меди в растворенной форме становится близкой к ее содержанию до внесения навесок донных отложений. Таким образом, после нарушения равновесия, подвижная форма меди сначала переходит с частиц в раствор, затем с течением времени опять сорбируется на взвеси и, после ее оседания, остается в донных отложениях (рис. 1).

Сама величина Kd определяется, прежде всего, составом донных осадков, гранулометрическим размером частиц, процентом содержания там органического вещества. Так, в несудоходном гирле Свиное содержание Kd выше, по-видимому, за счет большего содержания здесь глинистых частиц. В судоходном канале (причал «Донской») в донных отложениях больше мелкоалевритового и песчаного материала, меньше органического вещества, поэтому и Kd здесь меньше.

Концентрации соединений свинца и кадмия в воде зачастую были ниже пределов обнаружения, что затрудняло построение полноценных графиков изменения концентрации во время эксперимента и расчетных величин коэффициентов Kd. Однако видно, что характер кривых, за исключением отдельных случаев, похож на аналогичные кривые для соединений меди – рост концентрации элемента в растворенной форме в первые часы эксперимента и последующее снижение по мере увеличения продолжительности опыта.

От величины навески зависит количество подвижной меди, переходящей в воду, но финальное распределение меди между водой и взвесью (осадком) практически не зависит от объема взмучиваемого материала.

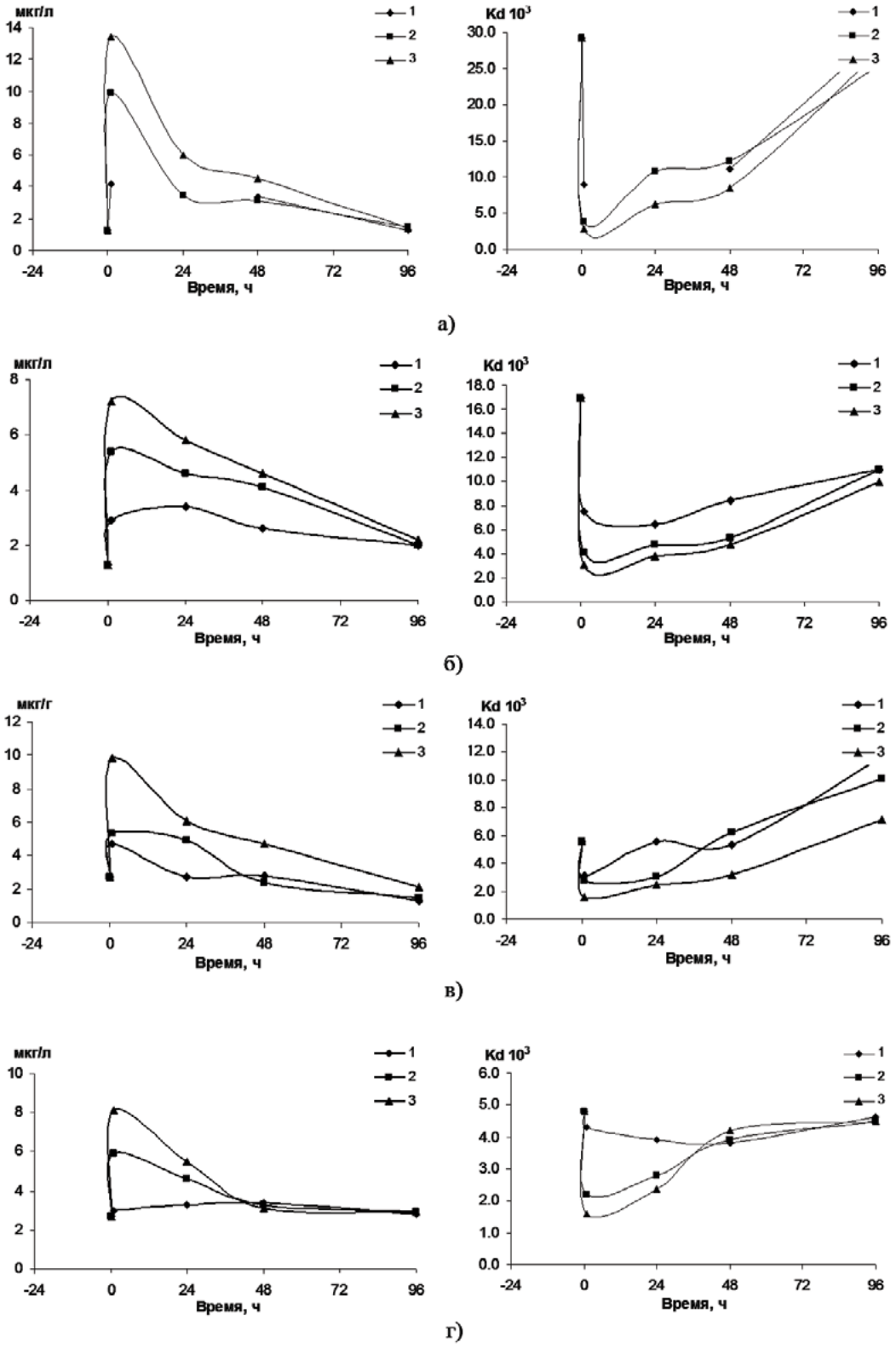


Рис. 1. Изменение в ходе экспериментов концентрации меди в воде в растворенной форме (измерения) и коэффициента распределения между растворенной и взвешенной формами (расчет)

Примечания: концентрация навески донных отложений в эксперименте:
1 – 100 г/л, *2* – 200 г/л, *3* – 500 г/л. Точки отбора проб с глубины: гирло Свиное – *а)* 0,3 м; *б)* 1,6 м; причал «Донской» – *в)* 0,8 м; *г)* 2 м.

Такой характер динамики соединений ТМ кажется интуитивно понятным, но пока не нашел объяснения в рамках простой модели, учитывающей кинетику адсорбционно-десорбционного обмена подвижной формы соединений ТМ между водой и взвешенными в воде частицами донных отложений в условиях их оседания и периодического взмучивания. Определенные искажения, влияющие на динамику соединений ТМ в воде, могут вносить условия эксперимента, когда в воду вносятся предварительно высушенные частицы донных отложений. Поэтому в дальнейшем целесообразно изменить условия эксперимента: проводить опыты на влажных донных отложениях.

Важно отметить, что после взмучивания донных отложений (в первые часы эксперимента) в природных условиях открытой системы воды с повышенной концентрацией металлов могут переноситься течениями, что в результате может способствовать вторичному загрязнению. Это же может быть причиной значительных вариаций в определении содержания металлов в различных формах миграции (вода и взвесь), т.к. условия отбора проб могут сильно зависеть от предшествующей гидродинамической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бердников С.В., Цыганкова А.Е. и др. Модельный подход к изучению влияния устьевой области на изменение форм миграции химических соединений, поступающих с донским стоком // *Экология. Экономика. Информатика* / Сб. ст. II Междунар. конф. «*Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования*» (г. Ростов-на-Дону, 7–12 сент. 2014 г.). Т. 2. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2014. С. 227–232.

О РОЛИ РЕЗОНАНСНОГО МЕХАНИЗМА В ВОЗНИКНОВЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКИХ АМПЛИТУД СГОННО-НАГОННЫХ КОЛЕБАНИЙ И СЕЙШ В АЗОВСКОМ МОРЕ

Л.В. Черкесов[1], Т.Я. Шульга[1,2]

[1]Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
[2]Филиал Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе, Россия
shulgaty@mail.ru

Колебания уровня и течений в морях и океанах формируются под действием различных внешних и внутренних сил, многообразие которых приводит к образованию разномасштабных океанологических процессов с периодами от нескольких секунд до нескольких десятков лет. Важную роль в формировании экстремальных уровней и гидрологических процессов в прибрежной области Азовского моря имеют сгонно-нагонные, сейшевые и сейшеобразные колебания, представляющие собой волновые движения с периодами от нескольких часов до нескольких суток. При этом структура доминирующих продольных собственных колебаний такова, что их вершины приходятся на районы, расположенные вблизи крупных населенных пунктов [Герман, 1971; Матишов, Инжебейкин, 2009]. Частой причиной сейшеобразных колебаний в природных бассейнах являются изменения атмосферного давления. Резкое изменение давления в различных частях водоема приводит в колебательное движение всю массу воды в нем. Сейши со значительной амплитудой возникают при явлении резонанса, когда период собственных колебаний бассейна совпадает с периодом вынуждающей силы. При этом относительно малые перепады давления на концах водоема и соответствующие им малые разности уровней, вызывают значительные сейши [Лабзовский, 1971].

Поведение волн в области атмосферных фронтов начали изучать сравнительно недавно и практического опыта прогнозирования волнения в этих условиях пока еще недостаточно [Быков, 2014; Нестеров, 2013]. Изучение сейшеобразных колебаний в Азовском море и анализ данных натурных наблюдений проведены в работе [Герман, 1971]. Сейшевые колебания уровня и течения, возникающие в этом море в результате нагонов величиной 1 м на открытой границе, исследованы в работе [Матишов, Инжебейкин, 2009] в рамках линейной двумерной математической модели.

Настоящая статья является продолжением работ [Иванов и др., 2014; 2015], посвященных изучению свободных и вынужденных колебаний уровня Азовского моря в рамках трехмерной нелинейной сигма-координатной модели. В данной работе на основании анализа результатов численного моделирования исследовано развитие течений, сгонно-нагонных и сейшеобразных колебаний уровня Азовского моря в поле возмущений атмосферного давления. Проверена гипотеза о роли резонансного механизма в возникновении экстремально высоких амплитуд сгонно-нагонных колебаний и сейш, генерируемых перемещающимся над морем барическим полем со скоростью, равной скорости свободной длинной волны [Иванов и др., 2015]. При этом период возмущающих давлений равен периоду собственных колебаний жидкости в бассейне. Установлены пространственно-временные особенности сейшеобразных колебаний, возникающих после прохождения барических полей.

Исследование свободных и вынужденных колебаний в Азовском море выполнено методом математического моделирования. Для этого использована трехмерная баротропная нелинейная сигма-координатная модель *POM* [Blumberg, Mellor, 1987], которая базируется на системе дифференциальных уравнений динамики моря. Эта модель учитывает переменную глубину водоёма, силу Кориолиса, переменное атмосферное давление, трение на

дне и свободной поверхности (ветер), удовлетворяет законам сохранения импульса и массы. Дискретизация модели произведена на *C*-сетке, операторы переноса аппроксимируются с помощью *TVD*-схемы. Используются равномерные шаги по горизонтальным координатам $\Delta x=\Delta y=1{,}4$ км и по сигма-координате. Выбор шагов интегрирования по временным и пространственным координатам осуществляется в соответствии с критерием устойчивости Куранта для баротропных волн. Топография дна расчетной области на модельную сетку интерполирована из массива глубин, взятого из навигационных карт.

В ходе вычислительных экспериментов воспроизведены сценарии прохождения сезонных атмосферных фронтов над Азовским морем, у которых движение границы раздела областей давлений совершается по одной из заданных траекторий: меридиональной, зональной, диагональной. Барический градиент, ширина фронтальной зоны, а также их значения в областях повышенного и пониженного давлений принимаются на основе анализа обобщенных справочных гидрометеорологических данных. Время перемещения фронта (t_f) над акваторией моря задается равным первому наибольшему подъему уровня Азовского моря, происходящему в течение половины периода старшей моды свободных колебаний. Его значение определяется, исходя из данных наблюдений и результатов аналитических расчетов. Так, по данным наблюдений отмечены сейши с периодами 6–7 и 23 ч ($T_{\text{набл}}$). Теоретические значения периодов ($T_{\text{Мериан}}$) получены по формуле Мериана с учетом поправки Релея [Герман, 1971]. При сравнении значения $T_{\text{набл}}$ и $T_{\text{Мериан}}$ выясняется, что доминирующие продольные собственные колебания первой моды уровня Азовского моря имеют период близкий к T_1 = 24 ч. Структура этой моды такова, что одна ее вершина находится в Таганрогском заливе, а противоположная – вблизи Геническа. Поэтому представляет интерес изучение влияния неоднородных барических полей на формирование сгонно-нагонных явлений и сейшеобразных колебаний в этих районах.

Условия проведения численных экспериментов различались резонансными механизмами формирования экстремальных амплитуд сгонно-нагонных колебаний и сейш Азовского моря. В первой части экспериментов характеристикой барического фронта является период его действия, кратный периоду собственных колебаний бассейна. Во второй серии – скорость, близкая к скорости свободной длинной волны. В каждом эксперименте развитие фронта происходит в поле фоновых стационарных течений, а начало его движения соответствует времени установления движения жидкости – 48 ч [Иванов, 2014], которые генерируются действием однородного по времени и пространству юго-западного ветра со скоростями $|\mathbf{U}_W|$ = 10 м/с. На этом этапе – атмосферное давление постоянно по всей акватории моря, его значение равно стандартному атмосферному давлению 760 мм рт. ст. при температуре 0 °С на широте 45°.

Следующий этап соответствует прохождению по акватории Азовского моря неоднородного поля атмосферного давления. От начала его движения (48 ч) акватория моря разделяется на части: область, над которой давление постоянно и равно нормальному атмосферному давлению ($P_н$), и область, над которой перемещается неоднородное барическое поле. Функция, моделирующая давление в атмосферном фронте, задается двумя различными аналитическими выражениями для областей и зависит от времени и координат:

$$P_a(x,y,t)=\begin{cases} P_н=\text{const}, & (x,y)\in D, \\ P_н+a(t-t_{st}), & (x,y)\in \overline{D}. \end{cases}$$

Коэффициент a подобран так, что $P_a(x, y, t)$ имеет единственный скачок с амплитудой, равной градиенту приземного давления вдоль линии фронта ($a(t_f - t_{st}) = \Delta P_ф$). При этом $\Delta P_ф$ рассчитывается по известному в данном эксперименте значению скорости ветра на основании формулы, предложенной в работе [Мастерских, 1980]. Области постоянного и переменного атмосферного давлений разнесены по обе стороны от линии фронта (Г), положение которой также зависит от текущих координат и времени. Вид параметрических уравнений определяет конфигурацию линии фронта: прямые с определенным углом наклона, кривые с заданным радиусом кривизны.

Для первой серии численных экспериментов период действия атмосферных возмущений выбираем кратным периоду старшей моды свободных колебаний Азовского моря (T_1). В этом случае скорость передвижения границы фронта получаем на основании формулы: $U_Г = 2L/T_1$. Для второй серии расчетов скорость движения границы области атмосферного давления – величина переменная. Она равна скорости свободной длинной волны, зависящей от глубины моря $W_Г(H)= \sqrt{gH}$. В этом случае время действия атмосферных возмущений при разной скорости их передвижения – различно и также определяется из известного соотношения $t_f = L/\mathbf{U}_Г(H)$.

Целью численных экспериментов является исследование реакции свободных и вынужденных колебаний уровня Азовского моря на прохождение барического поля за время, равное периоду собственных колебаний бассейна. Траектории движения неоднородных барических полей над Азовским морем, принятые в численных экспериментах различаются геометрией линий раздела. Из анализа расчетов экстремальных отклонений уровня моря, следует, что действующий ветер вызывает максимальные стационарные нагоны в Геническе (202 см), сгоны – в Ейске (244 см), Приморско-Ахтарске (175 см) и Таганроге (158 см). В сравнении с экстремумами амплитуд отклонений уровня, вызванных прохождением барического поля, видно, что наибольшие различия на указанных станциях составляют 14 %. На ст. Ейск, где возникает наибольший сгон (– 2,44 м), прекращение действия ветра вызывает повышение уровня ($\subsetneq_1$ = –0,06 м; t = 18,3 ч). При этом размах первого колебания составляет 2,38 м. В дальнейшем уровень продолжает повышаться и через 10,2 ч достигает наибольшего значения 0,21 м, размах второго колебания (0,27 м) в 8,8 раза меньше первого.

Прохождение барического фронта приводит к изменениям значений размахов и периодов свободных колебаний, которые на ст. Ейск существенно отличаются. Так, в момент прекращения действия возмущений понижение уровня на 2,62 м формирует последующие свободные колебания с размахами 2,55 и 0,32 м. Отметим, что величина стационарного сгона на этой станции на 7 % меньше нестационарного, отличия размахов сейшеобразных колебаний не превышают 16 %, а их периодов – на 0,5 ч. Так как в обоих случаях основой генерации волн и течений являлся один и тот же ветер, то эта разница, очевидно, обусловлена прохождением барического фронта с перепадом давления 100 гПа.

Следующий цикл экспериментов проведен с целью анализа влияния резонансных характеристик, связанных со скоростью свободной длинной волны. Движение полей атмосферного давления над акваторией рассчитывается на основе известного дисперсионного соотношения и является функцией, зависящей от глубины бассейна. Из сравнения полученных результатов, с результатами численных экспериментов, проведенных при постоянном значении атмосферного давления [Иванов и др., 2015], следует, что гипотеза о влиянии движущихся барических образований на колебания уровня и скорости течений имеет место. Увеличения амплитуд колебаний уровня и максимальных скоростей течений, по сравнению со случаем постоянного давления, достигают 20; 23 и 14 %. Наибольшие значения этих величин достигаются при скорости фронта $W_Г$ = 9,4 м/с, соответствующей глубине моря H = 9 м. Отметим, что фронт, перемещающийся дольше, например, со скоростью 8,3 м/с (12,8 ч), оказывает меньшее воздействие на параметры волновых движений.

На основе анализа результатов численного моделирования установлено, что возмущения, движущиеся со скоростью близкой к скорости свободной длинной волны, вызывают генерацию волн с амплитудами бóльшими, чем при том же ветре и постоянном атмосферном давлении. Их наибольшие значения достигаются при скорости перемещения границы барических возмущений 9,4 м/с, соответствующей глубине моря H = 9 м. Перемещающиеся барические поля за время, равное полупериоду собственных колебаний бассейна, вызывают вынужденные, а затем свободные колебания с амплитудами, отличающимися не более чем на 14 % от полученных при постоянном значении атмосферного давления и одном и том же ветре. Возмущению атмосферного давления принадлежит важная, но не решающая роль при формировании структуры течений и колебаний уровня Азовского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быков Ф.Л., Гордин В.А. Объективный анализ структуры атмосферных фронтов // *Физика атмосферы и океана*. 2014. Т. 48. № 2. С. 172–188.

Герман В.Х. Исследование и расчет вероятностных характеристик экстремальных уровней моря // *Труды ГОИН*. М: Гидрометеоиздат, 1971. 148 с.

Иванов В.А., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Динамические процессы и их влияние на трансформацию пассивной примеси в Азовском море // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 4. С. 464–472.

Иванов В.А., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Исследование свободных колебаний уровня Азовского моря, возникающих после прекращения длительного действия ветра // *Морской гидрофиз. журн*. 2015. № 2. С. 15–24.

Лабзовский Н.А. *Непериодические колебания уровня моря*. СПб.: Гидрометеоиздат, 1971. 238 с.

Мастерских М.А. *Методическое пособие по составлению прогноза фронтальной боры*. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 35 с.

Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И. Численные исследования сейшеобразных колебаний уровня Азовского моря // *Океанология*. 2009. Т. 49. № 4. С. 485–493.

Нестеров Е.С. *Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в морях и океанах*. М.: Росгидромет, 2013. 337 с.

Blumberg A.F., Mellor G.L. A description of three dimensional coastal ocean circulation model. Three-*Dimensional Coastal Ocean Models. Coast. Estuar. Sci*. / Ed. N. Heaps. Washington, D.C.: American Geophysical Union. 1987. 4. P. 1–16.

РАЗДЕЛ 7

НОВЫЕ БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ЭКОЛОГОЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ



ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОРГАНИЗАЦИЮ СНА И БОДРСТВОВАНИЯ ПОДРОСТКОВ

Ю.Ю. Арапова, В.Б. Войнов, Е.В. Вербицкий

Институт аридных зон Южного научного центра РАН
г. Ростов-на-Дону, Россия; juli.arapova@yandex.ru

Интенсивное внедрение в жизнь современных детей цифровых средств массовой коммуникации оказывает существенное влияние на формирование их досуга. По разным статистическим данным [Johnson et al., 2004; Собкин, Адамчук, 2006] дети ежедневно в среднем тратят более трех часов на просмотр телевизора, компьютерные и видеоигры, Интернет и мобильные телефоны. Опрос среди 2000 респондентов в США и Германии показал, что дети в возрасте от 8 до 18 лет в среднем ежедневно тратят более 7,5 ч на использование средств массовой коммуникации [Шпитцер, 2014]. По другим данным, дети в возрасте от 4–17 лет проводят 16,9–29,1 ч в неделю за просмотром телевизора или за такими развлечениями, как компьютерные игры, Интернет, просмотр фильмов on-line [Paavonen et al., 2006; Owens et al., 1999]. Такое увлечение цифровыми средствами массовой коммуникации способствует у подростков деформированию бодрствования (за счет повышения утомляемости в интеллектуальной деятельности), нарушению способности к восприятию информации, что приводит к потере интереса к реальной жизни и развитию компьютерной зависимости [Witt et al., 2011]. Наибольшей проблемой является нарушение ночного сна, т.к. он играет ключевую роль в обеспечении последующего бодрствования [Сон и тревожность, 2008], в реализации когнитивных функций, обучения и внимания, в физическом росте и общем развитии ребенка, становлении личности [Aronen et al., 2000]. Нарушение сна у детей оказывает влияние на их здоровье, обучение и успеваемость в школе, на качество жизни и на их отношения в семье [Owens, 2005].

В соответствии с этим целью работы являлось изучение влияние цифровых средств массовой коммуникации на ночной сон подростков.

В опросе приняли участие 138 учащихся 9–11 классов МБОУ «Школа № 80 имени Героя Советского Союза Рихарда Зорге» (г. Ростов-на-Дону). Опрос проводился анонимно, было получено согласие участников на обработку и публикацию данных опроса. Использованы следующие опросные методики: Дневник активности, отдыха и сна [American Academy … 2015]; Шкала гигиены сна для подростков [LeBougeois et al., 2005]; Детская шкала дневной сонливости [Drake et al., 2006].

Анализ результатов многопараметрического опроса подростков показал, что у 65 % подростков нарушена гигиена бодрствования и сна. Выявлено, что более 60 % опрошенных за час до сна или непосредственно перед сном смотрят телевизор или играют в компьютерные (видео) игры, общаются в социальной сети или разговаривают по телефону. Более 30 % девушек и юношей засыпают, слушая громкую музыку или за просмотром телепередач. Частые пробуждения и повышенная двигательная активность во время сна отмечается в среднем у 8 % подростков. Утром, после пробуждения, практически «никогда» или «редко» чувствуют себя бодрыми и отдохнувшими 30 % подростков, недостаточное количество сна «часто» у себя отмечают 48,7 % юношей и 37,5 % девушек.

Сравнение гендерных предпочтений в использовании средств массовых коммуникаций показало, что юноши больше времени проводят в интернет-среде (просмотр фильмов и видеороликов on-line, онлайн-игры, поиск информации), девушки предпочитают общение в социальных сетях Интернет. Девушки более активно общаются с друзьями вне школы

и вне социальных сетей. Юноши более физически активны, чем девушки, но при этом у них в большей степени, чем у девушек, проявляется когнитивное и социальное утомление.

Также было установлено, что 19,9 % опрошенных все время своего досуга проводят в среде Интернет. Наибольшая активность в этой группе подростков приходится на период с 20 часов вечера до 2–3 часов утра, соответственно, время отхода ко сну варьирует от 23 часов до 3–4 часов утра. Семьдесят процентов опрошенных этой группы считают, что мало спят, редко чувствуют себя бодрыми и отдохнувшими после пробуждения, просыпаются только с посторонней помощью (будильник, либо будят родители), девушки чаще, чем юноши отмечают повышенную двигательную активность во время сна, тревожные сновидения.

Таким образом, использование общепринятых опросников позволило показать, что организация, структура и качество такого важного этапа жизни человека, как ночной сон [Kryger, 2016], подвержены значительной деформации у подростков из-за активного использования ими цифровых средств коммуникации, что неизбежно снижает качество их последующего бодрствования, сужая возможности адаптации к школьной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Собкин В.С., Адамчук Д.В. Школьник и информационно-коммуникационные технологии: возрастные особенности и регионально-поселенческая специфика // *Социокультурные трансформации подростковой субкультуры: Труды по социологии образования* / под ред. В.С. Собкина. М.: Центр социологии образования РАО, 2006.

Сон и тревожность / под общ. ред. Е.В. Вербицкого. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 386 с.

Шпитцер М. *Антимозг: цифровые технологии и мозг*. М.: Аст., 2014. 389 с.

American Academy of Sleep Medicine. (Two week sleep diary). URL: http://www.aasmnet.org (дата обращения: 11.11.2015).

Aronen E.T., Paavonen E.J., Fjallberg M., Soininen M., Torronen J. Sleep and psychiatric symptoms in school-age children. *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*. 2000. 39: 502–508.

Drake Ch., Nickel Ch. et al. The Pediatric Daytime Sleepiness Scale (PDSS). Sleep Habits and School Out-comes in Middle-school children. *Sleep*. 2003. Vol. 26. P. 455–458.

Johnson J.G., Cohen P., Kasen S., First M.B., Brook J.S. Association between television and sleep problems during adolescence and early adulthood. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med*. 2004. 158. P. 562–568.

Kryger M., Roth Th., Dement W.C. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. 6th edition. Philadelphia: Elsevier, 2016. P. 3–9.

LeBougeois M.K., Giannoti F., Cortes F., Wolfson A.R., Harsh J. The relationship between reported sleep quality and sleep hygiene in Italian and American adolescents. *Pediatrics*. 2005. Vol. 115. P. 257–265.

Owens J., Maxim R. et al. Television-viewing habits and sleep disturbance in school children. *Pediatrics*. 1999. Vol. 104. I. 3. P. e27–e32.

Owens J.A. Culture and sleep in children. *Pediatrics*. 2005. Vol. 115. P. 201–203.

Paavonen E.J., Pennonen M., Roine M., Valkonen S., Lahikainen A.R. TV exposure associated with sleep disturbances in 5- to 6-year-old children. *Sleep Res*. 2006. Vol. 15. P. 154–161.

Witt E.A., Massman A.J., Jackson L.A. Trends in youths videogame playing, overall computer use, and communication technology use: The impact of self-esteem and the big five personality factors. *Computers in Human Behavior*. 2011. Vol. 27. P. 763–769.

«ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ» ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТАТИСТИКА

О.Е. Архипова[1], Е.А. Черногубова[1,2], М.Б. Чибичян[1,2], М.И. Коган[1,2], Г.Т. Айдинов[2,3], Ю.А. Синельникова[3]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[3]Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области, г. Ростов-на-Дону, Россия

В цивилизованном обществе здоровье человека – это определяющий, системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики. Значительные различия в уровнях заболеваемости населения, проживающего в сходных по степени антропогенной нагрузки, но отличных по природным условиям регионах, свидетельствуют о географической и социально-экологической обусловленности многих заболеваний [Архипова, Черногубова и др., 2013а; 2013б; 2014а; 2014б].

Злокачественные новообразования являются индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом. Согласно классификации экологически значимых заболеваний, индикаторная экологическая патология – отражает высокую степень зависимости состояния здоровья от загрязнения окружающей среды (профессиональные болезни, онкологические заболевания, перинатальная смертность, врожденная патология, генетические дефекты, аллергические заболевания и реакции, токсикологические поражения) [Здоровье населения … 2010].

Вот уже несколько десятилетий наблюдается постоянный и неуклонный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями как в мире, так и в России. Среди всех причин смерти онкологическая заболеваемость занимает одно из лидирующих мест.

В 2014 г. «грубый» показатель заболеваемости на 100 000 населения России составил 388,0 (доверительный интервал 387,0–389,0), прирост за 10-летний период – 18,0 %, что в значительной мере определено неблагоприятным направлением демографических процессов в популяции России, обусловившим «постарение» населения [Злокачественные новообразования … 2016].

В 2014 г. кумулятивный риск, т.е. риск развития злокачественного заболевания, которому подверглось бы лицо в течение жизни до 75 лет при условии отсутствия всех причин смерти, составил 24,9 % (2004 г. – 22,7 %), для мужчин – 29,4 % (2004 г. – 27,6 %), для женщин – 22,3 % (2004 г. – 19,8 %) [Злокачественные новообразования … 2016].

Статистические данные заболеваемости населения России злокачественными новообразованиями свидетельствуют о наличии выраженных региональных различий.

В Южном Федеральном округе (ЮФО) за период с 2004 по 2014 г. заболеваемость раком увеличилась на 15,26 % (среднегодовой прирост – 1,41 %) с 351,75 случаев на 100 тыс. населения в 2004 г. до 399,58 – в 2014 г. В 2014 г. в ЮФО «грубый» показатель заболеваемости злокачественными новообразованиями составил 396,18 на 100 тыс. населения, что на 3,4 % выше, чем по России [Злокачественные новообразования … 2016].

На протяжении последних десятилетий в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения России рак предстательной железы занимает второе место после опухолей трахеи, бронхов и легкого.

«Грубый» показатель заболеваемости раком предстательной железы в Российской Федерации с 2001 по 2014 г. увеличился в 2,9 раза (с 19,1 до 54,9 случаев на 100 тыс. населения). Этот показатель за анализируемый период в Ростовской области вырос в 4,0 раза (с 13,2 до 53,1 случаев на 100 тыс. населения) [Злокачественные новообразования … 2016]. Таким

образом, темпы прироста заболеваемости раком в Ростовской области с 2001 по 2014 г. превышают таковые по России, что свидетельствует о напряженной онкоэпидемиологической ситуации в Ростовской области.

Целью нашего исследования является пространственно-временной анализ распространения рака предстательной железы в регионах ЮФО на примере Ростовской области (РО).

В качестве материала исследования использованы статистические данные о первичной выявляемости рака предстательной железы в 43 районах и 16 городах Южного макрорегиона за 12 лет с 2001 по 2014 г., предоставленные Ростовским онкологическим диспансером и Центром гигиены и эпидемиологии в Ростовской области.

Обработка первичной информации проводилась методами статистического анализа с использованием общепринятых методов вариационной статистики и стандартного пакета прикладных программ STATISTICA*, а также методов пространственной статистики.

Пространственный анализ включал в себя три направления:

исследование изменений объектов в пространстве;

изучение пространственно-временных закономерностей;

пространственный прогноз, который предлагает варианты развития ситуации.

При помощи пространственного анализа были исследованы пространственно-временные закономерности объектов. Пространственная статистика позволила проанализировать тенденции пространственно-временного распространения заболеваемости.

Был проведен анализ заболеваемости РПЖ в Ростовской области с 2001 по 2014 г. на основе статистического показателя Getis-Ord Gi*. Анализ проводился методами пространственно-временной статистики ArcGis. На основе статистического набора точечных данных был построен пространственно-временной куб (трехмерная кубическая структура), для последующего анализа методом «горячих точек». На основе анализа временных рядов в пространстве был вычислен тренд, значения количеств точек по всем местоположениям и временным шагам сгруппированы во временные ряды и проанализированы с использованием статистики Манна – Кендалла [Hamed, 2009]. Анализ тренда по алгоритму Манна – Кендалла выполнен для каждого местоположения с данными как независимый анализ бинов временного ряда и подразумевает ранговый корреляционный анализ количества точек или значений и их временных периодов.

Этот инструмент идентифицирует статистически значимые пространственные кластеры высоких значений (горячих точек) и низких значений (холодных точек) уровня первичной выявляемости рака простаты.

Уровень заболеваемости раком предстательной железы в Ростовской области за период с 2001 по 2014 г. вырос на 86,9 % ($p < 0,05$) с 9,7 до 18,1 случаев на 100 тыс. населения соответственно.

Необходимо отметить, что снижения количества случаев выявления рака предстательной железы за исследуемый период наблюдения не было отмечено ни в городах, ни в районах Ростовской области.

Анализ «горячих точек» (Hot-Spot Analysis) заболеваемости РПЖ в Ростовской области позволил выделить пространственные кластеры высоких значений – «горячие точки», где первичная выявляемость рака предстательной железы остается высокой на протяжении всего анализируемого периода с 2001 по 2014 г. Так, постоянно высокий уровень заболеваемости РПЖ отмечен в Боковском и Советском районах Ростовской области (рис. 1).

Так, с 2001 по 2014 г. уровень заболеваемости раком простаты в Боковском районе увеличился на 80,2 % ($p < 0,05$) (с 11,6 до 20,9 случаев на 100 тыс. населения), в Советском районе первичная выявляемость рака предстательной железы увеличилась в 18,3 раза ($p < 0,05$) (с 10,8 до 215,7 случаев на 100 тыс. населения).

Неблагоприятная эпидемиологическая обстановка отмечена также в районах Ростовской области, обозначенных как «новые горячие точки». Так, за период с 2001 по 2014 г. заболеваемость раком простаты увеличилась на 263,7 % ($p < 0,05$) в Кашарском (с 10,2 до 38,63 случаев на 100 тыс. населения), на 907,5 % ($p < 0,05$) в Заветинском (с 5,3 до 53,4 случаев на 100 тыс. населения), на 1147,0 % ($p < 0,05$) в Куйбышевском (с 12,9 до 127,2 случаев на

100 тыс. населения), на 90,3 % ($p < 0.05$) в Матвеево-Курганском (с 11,3 до 21,5 случаев на 100 тыс. населения) районах Ростовской области. Высокий уровень заболеваемости раком предстательной железы в период с 2001 по 2014 г. отмечен также в Родионово-Несветаевском и Мясниковском районах Ростовской области.

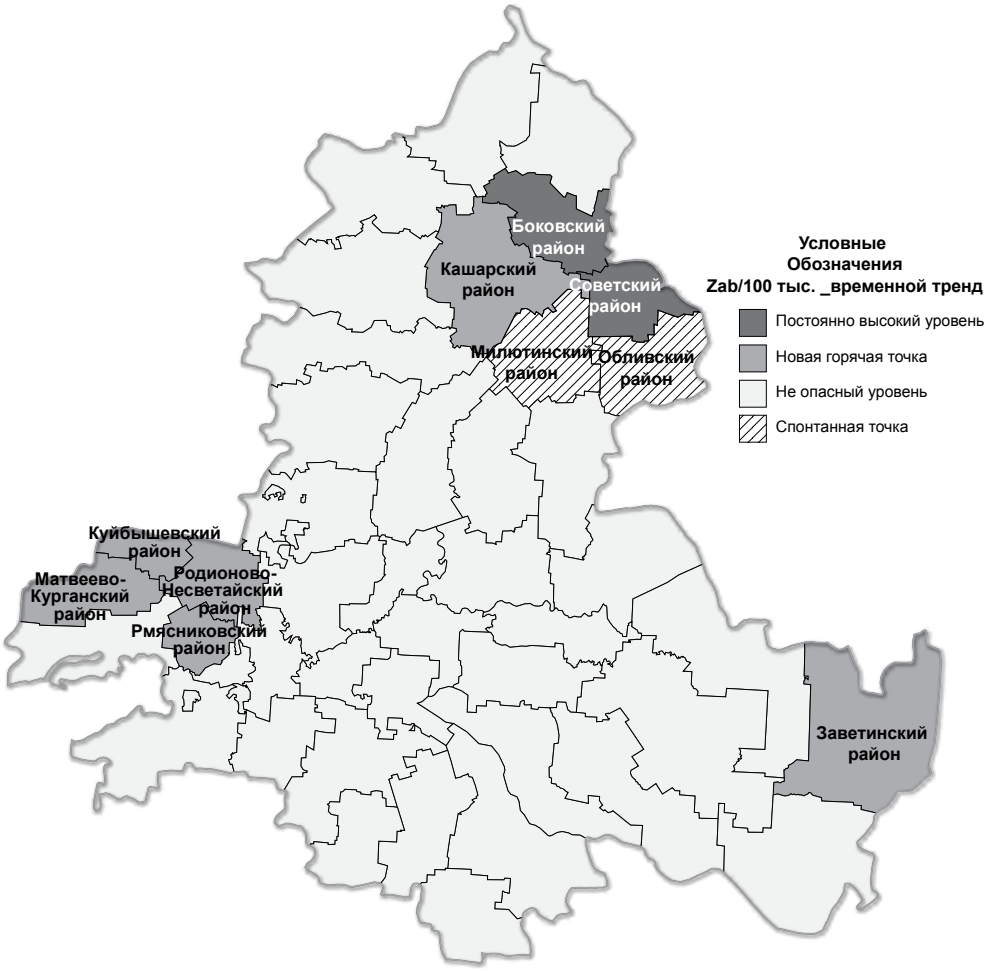


Рис. 1. Заболеваемость раком предстательной железы в районах и городах Ростовской области с 2001 по 2014 г.

К районам «спонтанной точки», где уровень заболеваемости РПЖ резко изменяется в разные годы, относятся Милютинский и Обливский районы.

Таким образом, уровень заболеваемости раком предстательной железы в Ростовской области остается высоким на протяжении последнего десятилетия. Несомненно, что рост первичной выявляемости рака простаты связан с введением мониторинга ПСА, появлением новых медицинских технологий, однако выявленная территориальная медико-экологическая контрастность (группы районов с различным рейтингом качества среды обитания и общественного здоровья), территориальная неоднородность заболеваемости РПЖ, наличие «горячих точек» заболеваемости свидетельствует о тесной связи уровня заболеваемости РПЖ и уровня медико-экологической безопасности.

Полученные результаты могут служить основой для направленного анализа факторов, вызывающих увеличение риска заболевания раком в выявленных нами регионах, и разработки на этой основе стратегии мониторинга и профилактики онкологических заболеваний в районах Ростовской области, внедрения медико-социальных программ, направленных на раннюю диагностику, и, соответственно, повышение эффективности лечения рака предстательной железы.

В статье представлены результаты работ, выполненных при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Проблемы развития полиэтничного макрорегиона в условиях дестабилизации Каспийско-Черноморского зарубежья» (2015–2017 гг.), проект «География и динамика онкологических заболеваний в регионах Южного федерального округа», подпроект «Интеллектуальная информационная система мониторинга медико-экологической безопасности территорий ЮФО»; Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения о предоставлении субсидии № 14.607.21.0099, уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60714X0099, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»; гранта РФФИ 16-05-00940-а «Научно-методическое обоснование технологии интеллектуального анализа медико-экологической безопасности Южных регионов России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архипова О.Е., Черногубова Е.А и др. Уровень онкологических заболеваний как индикатор медико-экологической безопасности территорий (на примере Ростовской области) // *Вестн. Южного научного центра*. 2013а. Т. 9. № 3. С. 7–14.

Архипова О.Е., Черногубова Е.А и др. Анализ встречаемости онкологических заболеваний в Ростовской области. Пространственно-временная статистика // *Фундаментальные исследования*. 2013б. № 7. Ч. 3. С. 504–510. URL: http:// www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10001254 (дата обращения: 01.05.2016).

Архипова О.Е, Черногубова Е.А. и др. *Пространственно-временной анализ встречаемости онкологических заболеваний как индикатора медико-экологической безопасности*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014а. 224 с.

Архипова О.Е., Черногубова Е.А. и др. География и динамика онкологических заболеваний в аграрных регионах Южного федерального округа // *Вестн. Южного научного центра*. 2014б. Т. 10. № 4. С. 96–103

Здоровье населения региона и приоритеты здравоохранения / под ред. О.П. Щепина, В.А. Медика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 384 с.

Злокачественные новообразования в России в 2014 году (*заболеваемость и смертность*) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2016. 250 с.

Hamed, K.H. Exact distribution of the Mann-Kendall trend test statistic for persistent data. *Journal of Hydrology*. 2009. Vol. 365. Is. 1. P. 86–94.

ВОДОРОСЛИ И ИГЛОКОЖИЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Н.К. Белишева[1], Г.М. Воскобойников[2]

[1]Отдел медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

У морских водорослей и иглокожих выработана способность к продукции уникальных вторичных метаболитов, многие из которых обладают чрезвычайно высокой фармакологической активностью. Биологически активные вещества (БАВ), выделенные из данных гидробионтов, обладают широким спектром биологической активности по отношению к различным биосистемам, включая антибактериальную, антикоагулянтную, противогрибковую, противоопухолевую, проапоптотическую и антигиперхолестеринемическую активности.

В ММБИ КНЦ РАН совместно со специалистами различных организаций, специализирующихся в области биотехнологии, медицины, долгие годы ведутся исследования по содержанию БАВ в онтогенезе водорослей и под влиянием факторов внешней среды, биологии иглокожих [Анисимова, 1998; Воскобойников, Зубова, 1998; Облучинская, Воскобойников, 2004]. В последние годы наряду с академическими исследованиями большое внимание уделяется практическому использованию гидробионтов и их продуцентов для лечебно-профилактической практики, получено несколько патентов. Были разработаны технологии использования ламинарии в акушерско-гинекологической практике, а на основе альгината водорослей – раневое покрытие, на основе фукусовых водорослей созданы технологии консервов и комплексного получения полисахаридов, создан антицеллюлитный компресс и ведутся разработки по созданию антитромботической мази на основе фукоидана.

Кроме того, внедрены новые технологии по созданию биологически активных добавок (БАД) на основе баренцевоморских ламинариевых, фукусовых водорослей и икры (гонад) зеленого морского ежа. Сочетание этих компонентов с лекарственными растениями позволили создать новые эффективные продукты (линейка БАД «ОКЕАН ЖИЗНИ») для поддерживающей, сопроводительной терапии при восстановлении организма после химио-, радиотерапии при лечении онкологических больных, а также для улучшения функционального состояния организма после болезней, физических нагрузок. Особым направлением было создание БАД – афродизиака на основе природных компонентов для усиления и стимулирования полового влечения и половой активности. Апробация созданных и прошедших Госрегистрацию БАД показала их эффективность для сопроводительной терапии в профилактике, лечении целого ряда заболеваний.

В докладе, наряду с достижениями в исследованиях водорослей, иглокожих для лечебно-профилактической практики, обозначены проблемы отставания в этом направлении от ведущих отечественных и зарубежных научных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимова Н.А. Морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* // *Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 397–443.

Воскобойников Г.М., Зубова Е.Ю. Биохимический состав промысловых бурых водорослей // *Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей*. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. С. 306–321.

Облучинская Е.Д., Воскобойников Г.М. Полисахариды в бурых водорослях // *Фармация*. 2004. № 3. С. 15–18.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И СОН

Е.В. Вербицкий

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
e_verbitsky@ssc-ras.ru

Вращение Земли вокруг своей оси с периодом в 24 ч существенно влияет на условия жизни на поверхности планеты. Ритмические изменения затрагивают уровень освещенности, температуру, влажность, силу ветра и другие показатели окружающей среды. С появлением одноклеточных указанная цикличность модулирует жизнедеятельность клеточных органелл (прокариотов и эукариотов). Циклические изменения цикла Крепса и функционирования митохондрий определяют циркадианность энергетики клетки. В эволюции многоклеточных организмов природа объединила отдельные клетки с циркадианной обусловленностью жизнедеятельности в единое целое, накладывая на них все новые и новые ритмические функции, необходимые для координации совместного функционирования. Похоже, именно так у хладнокровных образовался континуум ритмических преобразований «покой – активность», который заложил основу для появления самой сложной на Земле адаптации теплокровных организмов к изменениям окружающей среды – циклу «сон – бодрствование».

По всей видимости, если бы основу этого цикла не составлял сложноорганизованный сон, чередующий медленноволновую и быструю фазы (отражение цикличности глобальных нейрохимических преобразований в нервной системе), то не сложились бы условия для совершенного бодрствования теплокровных. Совершенное бодрствование человека позволяет ему осознать свое «я» и открывает способности «мироощущения себя» в среде, окружающей организм. Подготовленные сном возможности к обширной ассоциативной деятельности мозга полностью раскрываются во время бодрствования, когда подготовленные во сне многоуровневые ассоциации объединяются с сенсорными паттернами, создавая основу для понимания закономерностей окружающего мира и обеспечивая базу для реализации целенаправленной мыслительной деятельности.

Дальнейшее познание цикла «сон – бодрствование» ведет к пониманию природы наиболее сложной из адаптаций организма человека к окружающей его среде, что важно как для уточнения возможностей приспособительной активности организма, так и для выявления патогенеза заболеваний, связанных с расстройствами сна и нарушениями бодрствования. Моделирование указанных процессов в экспериментах на животных является важным этапом физиологической детализации характера взаимодействия организма с окружающей его внешней средой в цикле «сон – бодрствование».

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ РОСТА И РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ТЕРРИТОРИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Б. Войнов[1], С.Н. Кульба[2]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН
г. Ростов-на-Дону, Россия; voinov@ssc-ras.ru
[2] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Несмотря на очевидный наследственный характер процессов роста и развития человека, они испытывают значительные влияния, в первую очередь со стороны условий жизни разной модальности. На темпы и качество онтогенеза человека и, собственно, на его здоровье оказывают влияние экологические условия, включая социально-экономические факторы, и его образ жизни. Свойства последнего в значительной степени определяются желаниями человека по формированию определенных привычек, благотворно влияющих на его общие адаптационные резервы, позволяющие адекватно функционировать в широком диапазоне условий различной природы. Человек может произвольно изменять широту «нормы реакции» в отношении широкого набора факторов, формируя индивидуальную «зону комфорта». Отсюда следует, что темпы, особенности роста и развития ребенка, параметры его функционального состояния в условиях релаксации и при выполнении функциональных нагрузок могут свидетельствовать о комфортности условий его проживания. При массовых обследованиях детей может быть достигнута ситуация, при которой выраженность индивидуально-типологического своеобразия снижается, а обобщенные параметры приобретут индикаторные качества в отношении долговременных факторов, действующих на всю исследуемую популяцию детей. Если для большинства обследованных детей условия крайне некомфортны, следует ожидать проявления признаков деформации роста, развития, нарушения адаптационной пластичности, что и определит снижение качественных и количественных показателей их здоровья.

Мониторинг особенностей роста, физического развития и состояния здоровья школьников реализуется в Ростовской области с 2012 г. по настоящее время в рамках межведомственного проекта по формированию здоровьеохранного пространства в системе образования, инициированного областным Правительством и реализуемого ГБУ РО Центром психолого-педагогической, медицинской и социальной помощи.

Анализируются результаты обследований учащихся 1–11 классов 232 школ Ростовской области, проводившихся с сентября 2012 г. по июнь 2016 г. В исследованиях приняло участие 107977 девочек и 137750 мальчиков в возрасте от 7 до 17 лет (всего – 245727 человек). Результаты единичных обследований заносятся в базу данных интернет-ресурса «Наша здоровая школа» (ООО «Корвита», г. Ростов-на-Дону) с фиксацией следующих данных: пол, возраст (полное число прожитых лет), класс и номер образовательного учреждения, населенный пункт проживания. Сведения об учебном классе, школе, поле, росте, массе тела вводятся вручную, все остальные исследования по комплексу значимых антропометрических и физиологических показателей, рассчитываемых коэффициентов проводятся с использованием специальных средств микропроцессорного комплекса «АРМИС» (ООО «Корвита», г. Ростов-на-Дону), компонента «Нашей здоровой школы» [Войнов и др., 2013; 2016].

Цель настоящего сообщения состояла в иллюстрации общих и более частных феноменов, отражающих неравномерность роста и развития детей школьного возраста по территориям Ростовской области.

При анализе параметра «длина тела» всех принявших участие в исследованиях детей в динамике 2012–2016 гг. было показано, что разница средневозрастных показателей, полу-

ченных для отдельных годов, как правило, существенно меньше межвозрастных различий (рис. 1). Последние характеризуются выраженными гендерными особенностями. При таком дизайне исследования можно говорить о выраженном опережении роста девочек на интервале 7–10 лет, при дальнейшем его относительном замедлении. Рост мальчиков достаточно равномерно увеличивается на всем интервале исследуемых возрастов.

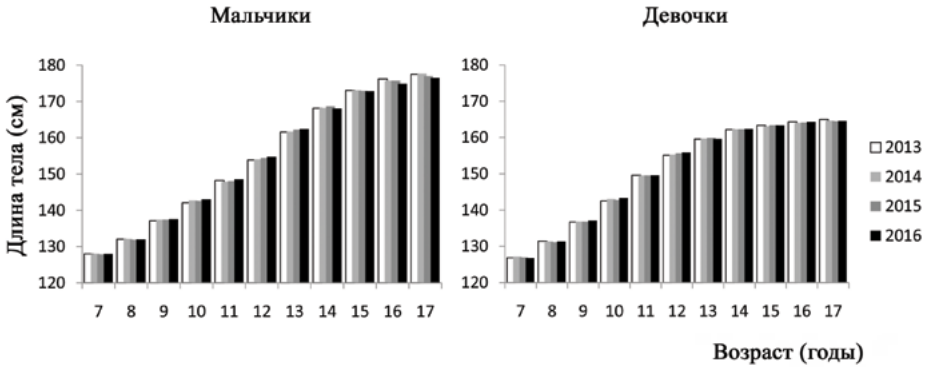


Рис. 1. Мониторинг параметра «рост тела» всей группы мальчиков и девочек, принявших участие в обследовании. Каждая возрастная группа представлена от 1100 до 5090 обследуемых

Анализ данных, представленных на рисунке 2, позволяет отметить, что доля детей младшего школьного возраста (7–10 лет) с признаками «нормального состояния» сердечно-сосудистой системы в ряде районов области весьма показателен. Лучшие показатели здоровья характерны для районов, расположенных на протяжении бассейна р. Дон. Худшие – для «глубинных» районов (центрально-западные и центрально-восточные районы).



Рис. 2. Результаты обобщенного анализа процента представленности школьников с оценкой состояния сердечно-сосудистой системы «норма». Диапазон обобщения 2013–2015 гг. Мальчики в возрасте 7–10 лет. Анализ результатов 11198 обследований

Анализ состояния сердечно-сосудистой системы старшеклассников (15–17 лет) позволяет отметить худшее его качество по сравнению с начальной школой. В ряду центральных районов процент детей с «нормальным» состоянием сердечно-сосудистой системы не превышает 75 или даже 50 % (рис. 3).

Более частные процессы, имеющие связь с действием локальных факторов, в том числе с прессингом урбанистических факторов, с характером питания и двигательной активностью школьников доступны для анализа при сопоставлении результатов обследований учащихся сельских и городских школ.



Рис. 3. Результаты обобщенного анализа процента представленности школьников с оценкой состояния сердечно-сосудистой системы – «норма». Диапазон обобщения 2012–2016 гг. Мальчики в возрасте 15–17 лет. Анализ результатов 9352 обследований

Как видно на графиках рисунка 4, по показателю «длина тела» во всех возрастных группах лидируют городские школьники – они выше своих сверстников. Менее однозначна картина при сопоставлении показателя «индекс массы тела». Если в начальной школе имеет место лидирование городских детей, то в ряде возрастов этот показатель развития неразличим в группах сравнения, а в возрасте 12–13 лет имеется тенденция к доминированию сельских жителей. При этом практически во всех группах сравнения значений параметра «сила кисти рук», и особенно в возрасте 16–17 лет, статистически достоверно лидируют сельские школьники.

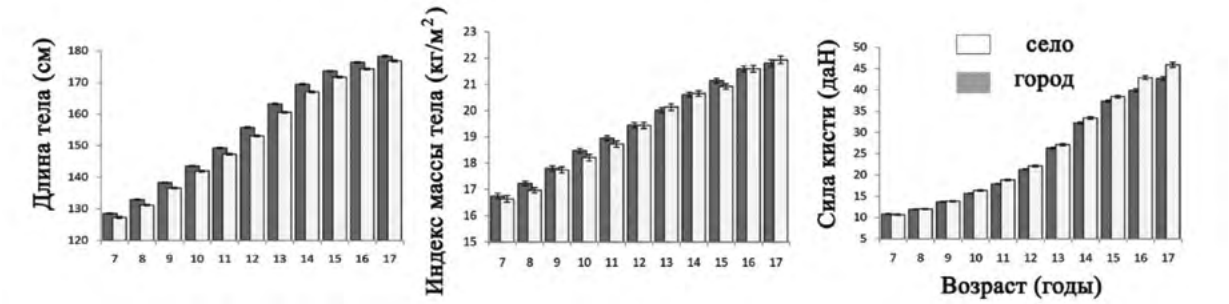


Рис. 4. Результаты сопоставления ряда параметров учащихся из сельской местности и городов Ростовской области в диапазоне возрастов 7–17 лет. Обследуемые – мальчики

Формирование широких описаний антропологических и физиологических параметров при многолетних, массовых описаниях роста и развития школьников позволяет искать и находить различные факторы, влияющие на базовые, устойчивые, и пластичные (адаптивные) механизмы онтогенеза человека. При этом такие характеристики, как соответствие росто-весовых параметров отдельных лиц и групп учащихся нормативным значениям, показатели их функциональных возможностей являются отражениями уровня комфортности проживания населения на данной территории, основой для понимания такого сложного, комплексного понятия, как здоровье человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Войнов В.Б., Кульба С.Н., Пожарская Е.Н., Чаусова Л.К. Пилотный проект единого здоровьеохранного образовательного пространства в системе общего образования Ростовской области // *Здоровьесберегающее образование*. 2013. № 5 (33). С. 68–77

Войнов В.Б., Кульба С.Н. Закономерности роста и физического развития мальчиков и девочек школьного возраста Ростовской области. Общие и частные феномены // *Новые исследования*. 2016. № 1 (в печати).

ПРЕДСКАЗАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ НИШИ БАКТЕРИОФАГОВ Т4-ТИПА В ТИПИЧНЫХ ДЛЯ НИХ БИОЦЕНОЗАХ НА ОСНОВЕ БИОИНФОРМАЦИОННОГО И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ВЫСОКОВАРИАБЕЛЬНОГО АНТИГЕНА КАПСИДА

А.А. Зимин[1], Н.В. Ашина[1], Н.Н. Назипова[2]

[1]Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН, г. Пущино, Россия
[2]Институт математических проблем биологии РАН, г. Пущино, Россия
apollo66@rambler.ru

Наиболее исследованной таксономической группой живых сущностей Земли являются крупные бактериальные вирусы подсемейства – *Tevenvirinae* (*Teequatrovirinae)* семейства *Myoviridae* отряда *Caudovirales* [Зимин и др., 2012; Lavigne et al., 2009]. На 23.06.2016 [Fokine et al., 2011] было известно 86 полных геномов вирусов этой группы, а частичные геномные данные были получены для 25,232 в том числе 3 сборки (драфтов) геномов. Большинство частичных геномных данных составляли последовательности гомологов гена 23 фага Т4 – основного белка капсида. Это коровый ген, с районами сильного сходства а.к. (аминокислотной) последовательности, и он используется для таксономии этих фагов.

Данные о структуре белков этих вирусов опубликованы в 871 сете структурных данных. При этом на фоне явного лидерства в структурах мутантов лизоцима бактериофага Т4, для нескольких сотен белков Т4-фагов также разрешены структуры. Из данных о нуклеотидных последовательностях этих вирусов выведены данные о 91,792 а.к. последовательностей. Мировое научное сообщество не имеет другого настолько изученного объекта. Это неудивительно, бактериофаг Т4 – это классический объект генетики, молекулярной генетики, молекулярной биологии, микробиологии, эволюционной биологии, а после открытия Т4-подобных морских цианофагов, – и биологии моря. Бактериофаги, родственные бактериофагу Т4, – это и жители нашего кишечника, и участники ряда инфекционных процессов, вызванных бактериями, и регуляторы численности цианобактерий Эль Ниньо. Эти вирусы заражают представителей весьма далеких групп бактерий. Большинство этих фагов несет на своем капсиде декорирующий белок, который был описан как основной антиген бактериофага Т4 [Ishii, Yanagida, 1977].

В связи с широким применением бактериофагов, сходных с Т4, в фаговой терапии, изучение биоразнообразия этого высоко вариабельного антигена существенны для понимания того, что мы делаем во время такого лечения. Гомологи данного белка встречаются почти у всех представителей этой группы фагов, хотя и не входят в число белков, кодируемых коровым геномом. Например, цианофаги прохлорококков обладают гомологом длиной 221 аминокислота. Это хорошо экспонированный на поверхности капсида белок, даже его отсутствие может служить маркером для дифференцирования Т4-фагов. Он может быть и маркером-антигеном, так как к нему хорошо формируется вторичный иммунный ответ у гомойотермных животных, и ДНК-маркером, так как его ген сильно вариабелен по длине.

Мы изучаем этот антиген капсида Т4-подобных фагов с 1993 г. В этой работе дается описание двух результатов: приводится таблица разнообразия этих антигенов у ряда групп Т4-подобных фагов и предлагается вариант его структуры.

Структура белка *Hoc* фага Т4. Для исследования вариабельности данного белка было бы удобно полагаться на структурные исследования, но для ЯМР данный белок велик по размеру, а кристаллизовать его пока не видится возможным, так как переход от 3 домена

к 4 домену белка фага Т4 является изгибающимся элементом. Последнее свойство пока не позволило провести кристаллизацию этого белка. Нами был применен метод моделирования на основании гомологии а.к. последовательностей исследуемых белков с белками с известными структурами. Исследование третичной структуры белка *Hoc* фага Т4 проводили с использованием интернет-ресурсов Bioinformatics Web Servers – University of Reading (IntFOLD2), а также Genome3D (Phyre2) [Roche et al., 2011; Buenavista et al., 2012; Basic Local … 2016].

Для построения возможных 3D-структур белка *Hoc* было использовано 19 различных белков с известной пространственной организацией. Основные 5 моделей с P-value 1.296E-1 и Global model quality score 0,186 были построены на основании суперпозиции с белком 4p99A (рис. 1). Белок 4p99A принадлежит к Ca2+ – стабилизируемым адгезинам так же, как и белок *Hoc* состоит из 4 доменов (Mpafp_rii tetra-tandemer. Chain: a, b, c, d) и служит для прикрепления антарктической бактерии *Marinomonas primoryensis* к поверхности льда.

Определить структуру этого белка с помощью рентгено-структурного анализа довольно трудно, так как белок содержит изгибающуюся часть, лабильный мостик над доменом, прикрепляющим этот белок к капсиду. Использование ЯМР (ядерного-магнитного резананса) также затруднительно, так как минимальный разумный делеционный вариант этого белка для структурного анализа должен быть длиной более 188 аминокислот. При этом такой вариант не будет в случае Т4 целым белком, а лишь его С-концевой частью. Синтез в клетке С-концевых частей обычно затруднен, и нельзя исключить протеазного никирования такого делеционного варианта из-за изменения структуры. Поэтому мы пошли по пути структурного моделирования и приводим в работе первые результаты, первую модель этой структуры белка. Ранее были опубликованы три первых N-концевых домена гомолога из RB49 [Fokine et al., 2011]. Структура, полученная нами, близка к результату этой работы. То есть на этом этапе мы не получили нового варианта структуры. Мы не уверены, что и наши результаты, и результаты исследования с помощью РСА гомолога из RB49 верны.



Рис. 1. Моделирование структуры белка *Hoc*, бактериофага Т4

Примечание: Стрелками и надписями показано расположение четырех доменов данного белка.

Данные крио-электронной микроскопии (КЭМ) говорят о другой структуре [Olson et al., 2001]. Нами получена структура в виде иглы (палочки). Данные КЭМ говорят о структуре типа не равно великой гантели. Мы считаем, что использованные нами примеры для структурного наложения позволили разрешить структуру отдельных доменов, но не позволили сложить правильную структуру всего белка. Аналогичный результат был получен и при структурном исследовании гомолога из RB-49. Авторы исследовали не полный белок, а продукт делеции С-концевого домена, и такое изменение, как мы считаем, не позволило правильно сложится белку при кристаллизации. Единственным интересным и абсолютно новым результатом мы считаем нашу находку в области четвертого «домена-прикреплялки». Данный домен разрешился в форме цветка с тремя лепестками. Число «три» кратно шести продуктам белка 23, в окружении розетки из которых находится этот антиген. Размеры этого «цветка» также указывают на возможность помещения 4 «домена-цветка» антигена в эту розетку. Можно предположить, что мы получили правильную структуру данного домена. Дополнительно мы выявили структуру, которая может связывать дивалентный катион, например кальция. Для этого антигена показано связывание гликанов [Barr et al., 2013]. Предполагается, что связывание гликанов этим белком обеспечивает расположение кишечных Т4-фагов на слизистой кишечника. Возможно, что связывание гликанов опосредовано двухвалентными катионами.

Вариабельность белков – продуктов гена *hoc* была исследована нами ранее довольно подробно и были предложены схемы рекомбинационных событий, объясняющие механизмы появления сходных доменов в структуре одного и того же белка [Зимин и др., 2012]. В данной работе мы расширили рамки этой вариабельности за счет нахождения новых вариантов, сведения о которых появились позже 2012 г. Сравнительные исследования белков *Hoc* мы проводили с базами данных а.к. последовательностей на сервере NCBI [Basic Local … 2016] при помощи алгоритма PSI-BLAST [Altschul et al., 1997] с уровнем достоверности результатов E-value < 0,0001. При этом позиционный итерационный поиск аналогов белков производился до тех пор, пока каждая последующая итерация обнаруживала в базе данных GenBank новые локальные сходства. Результаты суммированы в таблице 1.

Таблица 1. Вариабельность белков – продуктов гена *hoc*

Число доменов	Примеры фагов	Длина белка в а.к.
1	Enterobacteria phage RB43 Klebsiella phage KP15 Acinetobacter phage Acj61	61–106
2	Aeromonas phage 31 Aeromonas phage 44RR2.8t Klebsiella phage KP15	177–180
3	Aeromonas phage 65 Shigella phage SP18	264–288
4	Enterobacteria phage T4 Shigella phage Shf12	376–377
4 с удлинением С-домена	Enterobacteria phage RB49 Enterobacteria phage Phi1	404
5	Enterobacteria phage JS10 Enterobacteria phage RB30 Enterobacteria phage RB69	469–474
6	Enterobacteria phage CC31 Edwardsiella phage PEi26	509–511
9	Escherichia phage slur14	664
11	Serratia phage PS2	1107

Вариабельность этого белка, по нашему мнению, связана с его аффинностью к гликанам разного происхождения. Например, фаги аэромонад могут связываться со слизью морских животных, например рыб, моллюсков, иглокожих или морских млекопитающих. Фаги ризобий могу связываться с гликанами тех же ризобий, или же гликанами растений симбионтов ризобий. Можно ожидать открытие Т4-фагов эрвиний и антигена у них, связывающегося со слизью разрушающихся растений. Во всех случаях фаги фиксируются на слизистой поверхности той или иной экологической ниши, а бактерии свободно плавают и могут случайно прикрепиться к фагу. Ранее было мнение, что фаги за счет Броуновского движения достигают поверхности бактерии. В нашей (роверовской) схеме – наоборот. Но возможна и другая интерпретация этой ситуации. Слизь, содержащая гликаны, концентрирует и бактерии, и фаги, приближая их друг к другу, и создавая преимущество для фага в плане достижения поверхности клетки-жертвы. И в том и другом случае выглядит логичным, что для разных молекулярных ниш требуются разные белковые молекулы – интерфейсы. «Домены-прикреплялки» при этом консервативны, а экспонируемая часть эволюционирует на основе Дарвиновского отбора, отбираясь в соответствии с аффинностью белок-гликановых взаимодействий. Участие горизонтального переноса генетической информации (ГПГ) в этом случае возможно (например, домены гомологичные этому антигену обнаружены на другом антигене – белке

Wac фага RB43), но ГПГ в этом случае играет второстепенную роль после классического отбора наиболее приспособленных к экологической нише молекул. Дальнейшее изучение структуры и разнообразия этого антигена данной группы вирусов позволит исследовать предложенные в работе гипотезы.

Работа была частично поддержана грантами РФФИ №№15-07-05783, 13-04-00991, 09-04-10132, 16-44-230855 р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зимин А.А. Микулинская Г.В., Нигматуллина Л.Ф., Назипова Н.Н. Сравнительный анализ аминокислотных последовательностей отдельных доменов белков *Hoc* бактериофагов подсемейства Teequatrovirinae // *Математическая биология и биоинформатика*. 2012 . Т. 7. № 2. С. 611–631.

Altschul S.F. et al. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res*. 1997. Vol. 25. P. 3389–3402.

Barr J.J. et al. Bacteriophage adhering to mucus provide a non-host-derived immunity. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2013. Jun. 25; 110(26): 10771-6.

Basic Local Alignment Search Tool. URL: http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi (дата обращения: 26.06.2016).

Buenavista M.T., Roche, D.B., McGuffin L.J. Improvement of 3D protein models using multiple templates guided by single-template model quality assessment. *Bioinformatics*. 2012. Vol. 28. P. 1851–1857.

Fokine A. et al. Structure of the three N-terminal immunoglobulin domains of the highly immunogenic outer capsid protein from a T4-like bacteriophage. *J. Virol*. 2011. Vol. 85. № 16. P. 8141–8148.

Ishii T., Yanagida M.J. The two dispensable structural proteins (*Soc* and *Hoc*) of the T4 phage capsid; their purification and properties, isolation and characterization of the defective mutants, and their binding with the defective heads in vitro. *J. Mol. Biol*. 1977. Vol. 109. P. 487–514.

Lavigne R. et al. Classification of Myoviridae bacteriophages using protein sequence similarity. *BMC Microbiol*. 2009. Vol. 9. Article No. 224.

Olson N.H., Gingery M., Eiserling F.A., Baker T.S. The structure of isometric capsids of bacteriophage T4. *Virology*. 2001. Jan. 20; 279(2): 385–91.

Roche D.B., Buenavista M.T., Tetchner S.J., McGuffin L.J. The IntFOLD server: an integrated web resource for protein fold recognition, 3D model quality assessment, intrinsic disorder prediction, domain prediction and ligand binding site prediction. *Nucleic Acids Res*. 2011. Vol. 39. P. 171-6.

АНГИОТЕНЗИНПРЕВРАЩАЮЩИЙ ФЕРМЕНТ (АПФ) – ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МАРКЕР РЕЦИДИВА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Е.А. Черногубова[1,2], М.И. Коган [1,2], М.Б. Чибичян[1,2]

[1]Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
eachernogubova@mail.ru

Введение в реальную клиническую практику новых критериев диагностики и мониторинга неопластических процессов в простате на основе выявления информативных предикторов и маркеров рака предстательной железы, особенно его агрессивных форм, является одним из приоритетных направлений научных разработок в области биомедицины.

Уровень простатоспецифического антигена (ПСА) и динамика его изменений на сегодня являются основными предикторами прогнозирования благоприятных или неблагоприятных событий при разных стратегиях лечения рака предстательной железы (РПЖ). В течение 10 лет у 1/3 больных РПЖ независимо от лечения развивается биохимический рецидив. Однако молекулярные механизмы, лежащие в основе биохимического рецидива, не установлены.

На наш взгляд, перспективным направлением в оценке течения РПЖ является получение объективной информации о состоянии процессов пролиферации, апоптоза, неоангиогенеза в развитии опухоли. Выявление белков, ассоциированных с агрессивными формами РПЖ, позволит получить новые знания о молекулярных механизмах канцерогенеза на разных этапах злокачественной трансформации и опухолевой прогрессии и использовать их при выборе рационального метода лечения.

В последние годы особое внимание исследователей было привлечено к ренин-ангиотензиновой системе (РАС) и ее роли в развитии неопластической трансформации и опухолевой прогрессии [George, Thomas et al., 2010; Rodrigues-Ferreira, Abdelkarim et al., 2012; Коган, Черногубова и др., 2011; 2015]. РАС, кроме «классической» функции – регуляции артериального давления, принимает участие в процессах иммунного ответа, репродукции, воспаления, апоптоза, фиброза, ремоделирования, развития эндотелиальной дисфункции [Кугаевская, Тимошенко и др., 2015; Shen, Ong et al., 2012]. Ключевые компоненты РАС – ангиотензинпревращающий фермент (АПФ) и рецепторы ангиотензина II экспрессированы в различных злокачественных опухолях человека [Кугаевская, Тимошенко и др., 2015]. На клеточном уровне РАС участвует в процессах дифференцировки, пролиферации, программирования стволовых и гематопоэтических клеток [Heringer-Walther, Eckert et al, 2009; Park, Zambidis, 2009].

Ангиотензин II (AII) как биологически активный пептид РАС участвует в контроле артериального давления, ремоделировании тканей и ангиогенезе, а также в сосудистых и воспалительных процессах. Основные функции AII (воспаление, ангиогенез и миграция) связаны с прогрессированием рака [George, Thomas et al., 2010]. AII оказывает непосредственное воздействие на раковые клетки, способствуя росту опухоли, за счет влияния на адгезию, миграцию и подвижность клеток, ускоряя прогрессирование метастазирования [Rodrigues-Ferreira, Abdelkarim et al., 2012]. В настоящее время доказано, что РАС относится к числу систем организма вовлеченных в сложные пути канцерогенеза [Wegman-Ostrosky, Soto-Reyes et al., 2015].

Цель исследования – идентифицировать маркеры для прогнозирования агрессивных форм рака предстательной железы

Работы с биологическими материалами, полученными у пациентов, были проведены в соответствии с Национальным стандартом РФ «Надлежащая клиническая практика» (Good Clinical Practice; GCP) (ГОСТ Р 52379-2005).

На первом этапе пациенты, участвующие в исследовании, были обследованы с использованием клинических и инструментальных методов с обязательной морфологической

верификацией опухоли предстательной железы, включая определение степени злокачественности (Gleason score). Проводившаяся с целью гистологической верификации диагноза трансректальная мультифокальная пункционная биопсия выполнялась под контролем трансректальной ультрасонографии и обеспечивала получение от одного пациента до 18 образцов тканей из различных зон простаты. Гистологически все случаи рака простаты были охарактеризованы как аденокарцинома. Выбор методики лучевой терапии и её сочетания с антиандрогенными стратегиями осуществлялся с учетом данных обследования.

В исследование включен 51 пациент с РПЖ, которым была выполнена наружная лучевая или гормонолучевая терапия (ГЛТ). У большей части пациентов (39 человек – 76,5 %) был диагностирован местно-распространенный рак предстательной железы. Средний возраст пациентов в группе с ГЛТ рака простаты составил (65,56 ± 2,84) года, уровень ПСА – (16,04 ± 5,28) нг/мл, объем простаты – (55,48 ± 5,42) $см^3$, сумма Глисона при биопсии – 6,84 ± 1,26.

Через 1, 6, 12 и 18 месяцев после завершения неоадъювантной таргетной терапии проводили мониторинг уровня ПСА в сыворотке крови. Критерием биохимической прогрессии после ГЛТ считали 3 последовательных повышения уровня ПСА (ПСА ⩾ 2 нг/мл относительно надир уровня ПСА), независимо от его значения.

По результатам мониторинга ПСА в течение 18 месяцев все пациенты ретроспективно были разделены на 2 группы:

1 группа – пациенты, у которых за весь период наблюдения не отмечено увеличения ПСА относительно надир и клинических признаков развития рецидива;

2 группа – пациенты, у которых отмечены биохимический рецидив и клинические признаки рецидива заболевания.

Для идентификации ассоциированных с прогрессией РПЖ показателей – потенциальных маркеров клинически агрессивных форм рака простаты определяли активность кининазы II (ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), КФ 3.4.15.1) с использованием в качестве субстрата N-[3-(2-фурил)-акрилоил]-L-фенилаланилглицилглицин (FAPGG) [Голиков, Николаева, 1998] в сыворотке крови.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием общепринятых методов вариационной статистики и стандартного пакета прикладных программ STATISTICA с применением методов линейной регрессии, построения «классификационного дерева», пошаговой регрессии и нестандартизированного дискриминантного анализа (для оценки значимости изучаемых факторов в прогнозе пациента).

Результаты исследования показали, что только на основании определения ПСА через месяц гормонолучевой терапии РПЖ невозможно выделить группу больных РПЖ с высоким риском прогрессии заболевания. На ранних стадиях гормонолучевой терапии при РПЖ было отмечено увеличение активности АПФ до начала измения уровня ПСА. В среднем увеличение активности АПФ отмечалось на 6,4 месяца раньше, чем визуализация ПСА.

Через месяц после начала наблюдения в группе пациентов с прогрессией заболевания после ГЛТ отмечено увеличение активности АПФ на 104,3 % ($p < 0,05$), по сравнению с таковым у пациентов с благоприятным течением заболевания. Через 6 месяцев наблюдения активность АПФ была на 142,3 % ($p < 0,05$) выше соответствующих показателей в группе с ПСА-нормой. Через 12 месяцев ПСА-мониторинга после гормонолучевой терапии о накоплении ангиотензина II в сыворотке крови при развитии рецидива РПЖ свидетельствует увеличение активности АПФ у больных 2 группы на 146,8 % ($p < 0,001$). Через 18 месяцев наблюдения отличий в активности АПФ в анализируемых группах не выявлено.

Дискриминантный анализ позволил на основе исходной выборки определить показатели протеолитических систем крови при РПЖ, позволяющие выделить группу риска развития биохимического рецидива при гормонолучевой терапии и на их основе построить «модель», позволяющую предсказать вероятность развития рецидива заболевания у конкретного пациента. Такими показателями через 1 месяц ГЛТ являются активность АПФ и содержание ПСА в сыворотке крови больных РПЖ. Коэффициент диагностики (Кд) для пациентов РПЖ через 1 месяц после ГЛТ рассчитывается по формуле: Кд = 8,07 – 0,08 × АПФ – 0,41 ×

ПСА, где АПФ – активность АПФ в сыворотке крови больных РПЖ через 1 месяц после ГЛТ (мкМ/мин./л); ПСА – уровень ПСА в плазме крови (нг/мл).

При Кд > 0 диагностируют низкий риск развития рецидива РПЖ, при Кд < 0 диагностируют высокий риск развития биохимического рецидива.

Совместное определение ПСА и активности АПФ через 1 месяц после ГЛТ позволяет с высокой чувствительностью, специфичностью – 78,6 % ($p < 0{,}001$), 94,6 % ($p < 0{,}001$) соответственно выделить группу больных с высоким риском развития биохимического рецидива.

Таким образом, установлено, что развитие рецидива РПЖ, ассоциировано с увеличением активности АПФ, причем активность АПФ начинает расти раньше, чем отмечается развитие биохимического рецидива. Рост активности ангиотензинпревращающего фермента на ранних этапах развития рецидива РПЖ приводит к накоплению пептидного регулятора канцерогенеза – ангиотензина II. Ранее нами показано, что в ткани предстательной железы эффекторное действие калликреин-кининовой и ренин-ангиотензиновой систем при злокачественной и доброкачественной трансформации простаты оказывается через разные типы рецепторов [Коган, Черногубова и др., 2015]. Действие ангиотензина II осуществляется, по меньшей мере, через два различных типа рецепторов AT1-R и AT2-R. Показана также экспрессия рецепторов AT2-R в ядрах эпителиальных клеток при доброкачественной гиперплазии предстательной железы, простатической интраэпителиальной неоплазии (ПИН) и опухолевых клеток при РПЖ. При этом отмечена обратная пропорциональная зависимость между индексом Глисона и уровнем экспрессии AT2-R: в низкодифференцированных РПЖ экспрессия AT2-R, как правило, снижается.

Накопление данных, подтверждающих участие ренин-ангиотензиновой системы в развитии и прогрессировании РПЖ, продолжается. Есть все основания полагать, что активность АПФ в крови является перспективным прогностическим маркером клинически агрессивных форм рака простаты. Ренин-ангиотензиновая системы организма при раке простаты может рассматриваться как новая терапевтическая «мишень» для таргетной терапии.

Полученные результаты могут быть применены для разработки диагностических тест-систем для решения задач клинической онкологии, что должно способствовать оптимизации ранней диагностики рака простаты, совершенствованию способов прогнозирования течения и мониторинга рака предстательной железы, что в конечном итоге приведет к снижению уровня смертности при данном заболевании.

В статье представлены результаты работ, выполненных при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения о предоставлении субсидии № 14.607.21.0099, уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60714X0099, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голиков П.П., Николаева Н.Ю. Экспресс-метод определения активности ангиотензинпревращающего фермента в сыворотке крови // *Клиническая лабораторная диагностика*. 1998. № 1. С. 11–13.

Коган М.И., Черногубова Е.А. и др. Активность протеолитических ферментов и их ингибиторов в секрете простаты при доброкачественной гиперплазии и раке предстательной железы // *Онкоурология*. 2011. № 2.С. 46–51.

Коган М.И., Черногубова Е.А. и др. Роль калликреин-кининовой и ренин-ангиотензиновой систем в патогенезе рака предстательной железы // *Урология*. 2015. № 3. С. 50–54.

Кугаевская Е.В., Тимошенко О.С. и др. Ангиотензин превращающий фермент: антигенные свойства доменов, роль в метаболизме пептида бета-амилоида и опухолевой прогрессии // *Биомедицинская химия*. 2015. 61(3). С. 301–311.

George A.J., Thomas, R.D. et al. The renin-angiotensin system and cancer: old dog, new tricks. *Nat. Rev. Cancer*. 2010. Vol. 10. P. 745–759.

Heringer-Walther S., Eckert K., et al. Angiotensin-(1–7) stimulates hematopoietic progenitor cells *in vitro* and *in vivo*. *Haematologica*. 2009. Vol. 94. P. 857–860.

Park T.S., Zambidis E.T. A Role For The Renin-Angiotensin System In Hematopoiesis. *Haematologica*. 2009. Vol. 94. P. 745–747.

Rodrigues-Ferreira S., Abdelkarim M., et al. Angiotensin II Facilitates Breast Cancer Cell Migration and Metastasis. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. No. 4. P. 1–8.

Shen X.Z., Ong F.S., et al. Nontraditional roles of angiotensin-converting enzyme. *Hypertension*. 2012. 59. P. 763–768.

Wegman-Ostrosky T., Soto-Reyes E., et al. The renin-angiotensin system meets the hallmarks of cancer. *J. Renin Angiotensin Aldosterone Syst.* 2015. 16 (2). P. 227–233.



МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

РЕАЛИЗАЦИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИМИ КОМПОЗИТНЫМИ ПОРИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Н.А. Антонова, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Россия
rosniipm@yandex.ru

Значимость реализации биотехнологий для развития экономики и промышленности страны трудно переоценить. Состояние научно-технической базы на международном уровне приводит к необходимости развития отрасли биотехнологий, модернизации имеющейся технологической базы производства. Более того, для целого ряда отраслей (агропищевой сектор, лесной сектор, ряд подотраслей химической и нефтехимической промышленности, фармацевтической отрасли и биомедицинского сектора здравоохранения) модернизация и будет означать переход на биотехнологические методы и продукты.

В силу экономических и экологических преимуществ доля химической продукции, производимой при участии биологических процессов, будет расти и дальше, достигнув в области химии 15–20 %, а в области моторных топлив 5–7 % от мирового объема производства к 2025 г. [Комплексная программа развития, 2012].

Методы биотехнологии позволяют полностью переработать отходы агропромышленного комплекса, использовать биохимические процессы для устранения загрязнений, разложения органических соединений, ускорения естественных процессов, моделируемых в промышленности. Значительный потенциал представляет собой направления симбиоза высокотехнологичных и биохимических процессов, протекающих при участии микроорганизмов различных групп.

Все это связано с новой научной дисциплиной – бионикой, основной задачей которой является изучение принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов с целью применения полученных знаний для коренного усовершенствования существующих технических систем. Важным ее направлением является биоремедиация – комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов: микроорганизмов, растений, грибов, насекомых, червей и других организмов [Васильков, 2013]. Комплекс мероприятий в данной сфере формирует условия для активного применения биотехнологических методов при ликвидации последствий вредного воздействия на окружающую среду. В данном аспекте биотехнологии схожи с ресурсосберегающими методами в области очистки воды, которые направлены на максимальное снижение использования природного потенциала для снижения последствий антропогенного воздействия на отдельные элементы окружающей природной среды для производственных целей.

К наиболее перспективным методам защиты окружающей среды нового поколения относятся биологические методы очистки, в частности использование биофильтров для очистки и доочистки сточных вод.

Схема работы биофильтра заключается в следующем [Яковлев, Воронов, 1975; 1982]. Очищаемая сточная вода подается в распределительные устройства, по которым она поступает на загрузку биофильтра, на поверхности которой осуществляется дальнейшая очистка. На поверхности загрузки образуется биопленка, состоящая из подсаженных микроорганизмов различных групп, в зависимости от направленности очистки по загрязняющим веществам. Биопленка образуется не только в плоскости поверхности загрузки, микроорганизмы прикрепляются и в поровых каналах, увеличивая тем самым степень очистки. Сточная вода в виде жидкой пленки стекает по поверхности биопленки, насыщаясь необходимым количе-

ством кислорода из движущегося потока воздуха, который вместе с органическими загрязнениями поступает в биопленку, где и происходит процесс биоокисления.

Фильтрат после биофильтра по элементам дренажной сети поступает в водосборную емкость, которая чаще всего расположена в днище корпуса фильтра, из которого по трубопроводам отводится для дальнейшего использования.

По конструктивным особенностям загрузочного материала биофильтр с плоскостной загрузкой подразделяют на следующие виды: с жесткой засыпной загрузкой с высотой слоя 1–6 м; с жесткой блочной загрузкой с высотой слоя 2–9 м; с мягкой загрузкой с высотой слоя до 2–6 м. Конструктивные особенности плоскостной загрузки (малая плотность, высокая пористость) обеспечивают ряд преимуществ биофильтра с плоскостной загрузкой по сравнению с биофильтрами с объемной загрузкой: индустриальное строительство, экономичность, компактность, высокая пропускная способность, надежность и эффективность работы, меньшая энергоемкость и др. Традиционно в качестве загрузочного материала для биофильтров с объемной загрузкой используются гравий, щебень, керамзит, кокс, шлак и другие инертные пористые материалы [Яковлев, Воронов, 1975; 1982], для плоской загрузки – пластмассы, асбестоцемент, керамика, металл, ткани, требования к которым аналогичны [Ласков и др., 1981].

В качестве плоской загрузки биофильтра предлагается использовать композитный пористый материал из горелых пород терриконов и полиэфирной смолы, характеризующийся развитой структурой поровых каналов, на поверхности которых будет образовываться биопленка биофильтра. Пористый композитный материал на 90–95 % состоит из отходов угледобывающей промышленности, безопасность которых обеспечивается законченными циклами термического окисления углеродсодержащих соединений в естественных условиях. Технология изготовления материала позволит варьировать некоторые физические свойства материала за счет изменения фракционного состава заполнителя, в частности пористость и величину удельной площади поверхности [Антонова, Домашенко, 2013].

Эффективность использования предлагаемого авторами материала подтверждена теоретическими исследованиями по методике для расчета биофильтров с плоскостной загрузкой, в котором аэрация осуществляется естественным путем [Яковлев, Воронов, 1975]:

$$L_2 = f\,(F,\ T,\ P,\ H), \tag{1}$$

где F - масса органических загрязнений по БПК5, поступающих в сутки на единицу площади поверхности загрузочного материала биофильтра, г/(м^2•сут);

$$F = L_1 \times q_n / w_{уд}, \tag{2}$$

q_n – гидравлическая нагрузка, м^3/(м^3 сут); P – пористость загрузочного материала, %; $w_{уд}$ - удельная площадь поверхности загрузки, м^2/м^3.

Результаты исследований по очистке сточных вод на биофильтрах с плоскостной загрузкой представлены в координатах L_2 и η. Критериальный комплекс η определялся по формуле

$$\eta = \frac{P \times H \times k_m}{F}\ , \tag{3}$$

где k_T – константа скорости реакции при фактической температуре протекания процесса;

$$k_T = k_{20} \times 1{,}047 \times {}^{T-20}, \tag{4}$$

где k_{20} – константа скорости реакции при температуре 20 °С).

В исследованиях принимались различные варианты площади поверхности загрузочного композитного материала в диапазоне от 40 м^2/м^3 до 90 м^2/м^3 при прочих равных условиях.

На основании приведенных выше расчетных зависимостей построены расчетные графики $L_2 = f\,(P, H, k_T\ F)$ (рис. 1).

Полученные зависимости показывают, что при прочих равных условиях степень очистки сточных вод по БПК на биофильтрах возрастает с увеличением площади поверхности загрузки. Особенности плоскостной загрузки в сравнении с объемной не позволяют увеличивать пористость материала за счет увеличения фракции ввиду снижения доступной поверхности для образования биопленки. Предложенный материал отличается высокой гибкостью в вопросах определения рецептуры при его изготовлении с получением различного значения площади поверхности. Реализация биотехнологий при очистке воды с использованием предложенного материала позволяет также реализовывать основные принципы ресурсосбережения для Ростовской области.

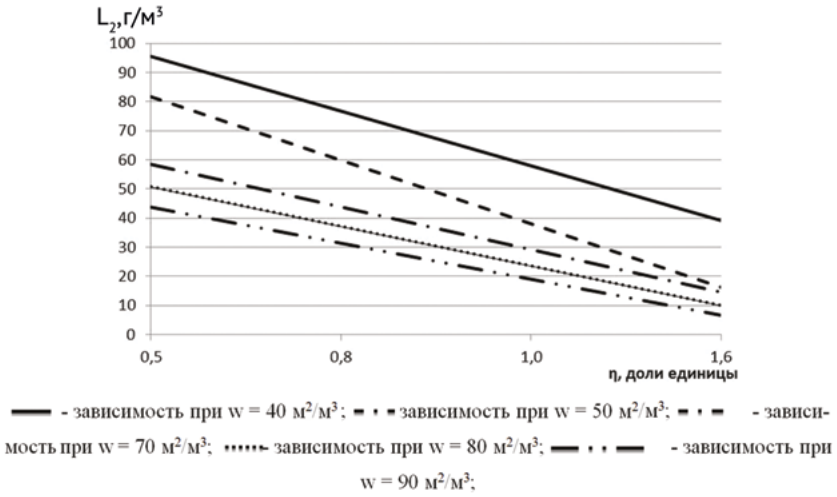


Рис. 1. Графики зависимостей $L_2 = f(P, H, k_T F)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова Н.А., Домашенко Ю.Е. *Фильтрующий элемент, применяемый в сфере очистки природных вод*. Пат. 2498844. Российская Федерация. МПК (51) B01D 39/06, B01J 20/02, C02F 1/00. Заявители и патентообладатели Н.А. Антонова, Ю.Е. Домашенко. № 2011147979/05; заявл. 24.11.2011; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32. 5 с.

Васильков Г.В. *Эволюционная теория жизненного цикла механических систем*. *Теория сооружений*. М.: Изд-во ЛКИ, 2013. 320 с.

Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. Москва: ВП-П8-2322; утв. Председателем Правительства РФ В.В. Путиным от 24.04.2012 № 1853п-П8. М. 120 с.

Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. *Примеры расчетов канализационных очистных сооружений*. М.: Высшая школа, 1981. 232 с.

Яковлев С.В., Воронов Ю.В. *Биологические фильтры*. М.: Стройиздат, 1975. 189 с.

Яковлев С.В., Воронов Ю.В. *Биологические фильтры.* М.: Стройиздат, 1982. 120 с.

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ЛОКУСОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЗМЕРЫ ЗЕРНОВКИ РОССИЙСКИХ СОРТОВ РИСА

Н.Ю. Бушман, Е.А. Малюченко, С.В. Болянова, В.А. Шелег

Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар, Россия
serggontchar@mail.ru

Ранее в России выращивались только низкоамилозные, круглозерные формы, но в последнее время назрела необходимость создания отечественных сортов риса, пригодных как для приготовления суши и плова, так и для детского и диетического питания, что требует углубленного изучения генетических факторов, контролирующих качественные признаки [Улитин и др., 2012; Гончарова и др., 2013].

Для приготовления плова и других блюд восточной кухни, как правило, используют длиннозерные сорта. В блюдах итальянской кухни предпочтительно использовать крупнозерные сорта. Для их создания широко используют межподвидовую гибридизацию. В Российской Федерации в основном используются сорта риса подвида japonica [Харитонов, Гончарова, 2013а; 2013б]. Изучение с помощью различных методов показало их близкородственное происхождение. Низкая генетическая гетерогенность сортов подвида japonica приводит к незначительному гетерозису при их гибридизации [Gontcharova, Gontcharov, 2003]. Длиннозерные сорта в основном относят к подвиду indica. У межподвидовых гибридов (japonica/indica) гетерозисный эффект может достигать 100 % и выше. Для отбора образцов с нужными характеристиками в фазу проростков необходимы знания о локализации генов, их определяющих.

Проведенный в лаборатории анализ признаков качества российских сортов риса позволил разделить российские сорта риса на условные группы по признакам качества (табл. 1).

Был изучен полиморфизм выделенных групп сортов, контрастных по признакам качества, по 53 маркерам, распределенным по 10 хромосомам риса. Для маркирования использовали SSR-маркеры по методике, принятой в Международном исследовательском институте риса ИРРИ [Гончарова и др., 2009]. Количество маркеров на хромосому было различным – от одного (на первой, третьей, шестой, девятой и одиннадцатой хромосомах) до трех (на второй и четвертой). На пятой, седьмой и восьмой хромосомах расположено соответственно по два маркера (табл. 2).

Таблица 1. Разделение сортов российской селекции на группы по форме зерновки

Группа	Название группы	Отношение длины к ширине зерновки, *l/b*	Сорта
1	Короткозерные	1,7–2,1	Лиман, Рапан, Хазар, Виола, Дружный, Атлант, Флагман
2	Среднезерные	2,2–2,5	Ханкайский 429, Новатор, Регул, Янтарь, Лидер, Аметист, Спринт, Фонтан, Курчанка, Анаит
3	Длиннозерные	2,5–4,1	Серпантин, Снежинка, Шарм, Изумруд

Таблица 2. Распределение маркеров, использованных в работе, по хромосомам риса

Хромосома	Количество маркеров	Маркеры, расположенные на хромосоме
1	4	RM 104, RM 259, **RM 600**, RM 5638
2	7	**RM 53**, RM 154, **RM 240**, RM 318, RM 322, RM 2770, **RM 5707**
3	2	RM 227, **RM 347**
4	9	RM 24, RM 127, RM 140, RM 255, **RM 261**, **RM 335,** RM 3276, **RM6314,** RM7187
5	9	RM 13, **RM 289,** RM 405, RM 440, **RM 509,** RM 574, RM 5361, RM 6024
6	6	RM 141, **RM 162,** RM 276, RM 588, RM 5371,RM6811
7	4	RM 82, RM 542, **RM 5508, RM7110**
8	6	**RM 25,** RM 126, **RM 284,** RM 3155
9	4	RM 242, **RM 245**
10	2	RM 258, RM 590
11	2	**RM 286,** RM 3428
12	2	RM 463, RM6410

Маркеры, достоверно разделяющие группы сортов с различной массой 1000 зерен, выходом крупы, содержанием белка, амилозы, не выявлены. Дисперсионный анализ показал отсутствие достоверных различий между группами при использовании для их разделения всех 58 маркеров. Двенадцать из изученных маркеров достоверно разделяли группы с различной формой зерновки: RM 574, RM 347, RM 53, RM 162, RM 240, RM 509, RM 25, RM 3276, RM 5707, RM 5508.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гончарова Ю.К., Гронин В.В., и др. Локализация и маркирование генов, определяющих количественные признаки у образцов риса // *Наука Кубани*. 2009. № 3. С. 54–58.

Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., и др. Влияние стрессовых факторов на содержание амилозы в образцах риса отечественной селекции // *Вестник РАСХН*. 2013. № 5. С. 45–48.

Улитин В.О., Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К. О признаках качества и их генетическом контроле у риса *Oriza* L. // *Сельскохозяйственная биология*. 2012. № 3. С. 12–18.

Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К. Поиск генов широкой совместимости у образцов риса подвидов indica и japonica // *Аграрная наука*. 2013а. № 3. Р. 15–17.

Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К. Стерильность при межподвидовой гибридизации риса *Oryza sativa* L. в связи с поиском генов широкой совместимости и отнесением образцов к подвидам indica и japonica // *Сельскохозяйственная биология.* 2013б. № 5. Р. 61–68.

Gontcharova I.K., Gontcharov S.V. Hybrid rice breeding in Russia. *Hybrid rice for food security, poverty alleviation, and environmental protection.* 2002. 31: 529–542.

Gontcharova I.K., Gontcharov S.V. Hybrid rice breeding in Russia. *Hybrid rice for food security, poverty alleviation, and environmental protection*. Proceedings of the 4th International Symposium on Hybrid Rice, Hanoi, Vietnam, 14–17 May 2002. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 2003. P. 321–328.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА И ДИОКСИДА ТИТАНА НА РАСТЕНИЯ РЕДИСА ПОСЕВНОГО (*Raphanus sativus*)

Т.В. Вардуни, О.А. Капралова, О.Г. Королева, А.А. Сизова, В.А. Чохели, В.М. Вардуни

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Введение. Наночастицы являются эффективными адсорбентами, поэтому могут быть носителями большого числа токсических веществ. Обеспечивающие защиту организму системы не всегда способны распознавать наночастицы. Из-за малого размера они могут не подвергаться биотрансформации и не выводиться из организма. Происходит накопление наноматериалов в растительных, животных организмах, микроорганизмах, что в свою очередь увеличивает их поступление в организм человека [Дерябина, 2015].

Таким образом, исследования по биотестированию наночастиц с использованием растений, являющихся основой пищевой пирамиды, являются особенно актуальными.

Объекты и методы исследования. Исследование влияния наночастиц оксида цинка и диоксида титана на растения редиса посевного (*Raphanus sativus*) выполняли в 2015–2016 гг. Основным объектом исследования являлись семена редиса посевного (*Raphanus sativus*), необработанные протравителями. Отбор семян производился по стандартным методикам, обеспечивающим формирование репрезентативных выборок (ГОСТ 12038-84, 2011 г.). Использовали растворы наночастиц диоксида титана (<50 нм) и оксида цинка (<50 нм) различных концентраций: 20 мг/л, 40 мг/л, 60 мг/л, 80 мг/л, 100 мг/л, – полученных из маточного раствора (100 мг/100 мл).

Количество вещества для растворов с сульфатом цинка рассчитывалось по содержанию цинка в наночастицах. Содержание цинка в самом веществе ZnO (80 % цинка) отличается от его содержания в $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (22,65 % цинка), и необходимо уравнивание количества цинка в соответствующих концентрациях $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Брали следующие концентрации $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$: 70 мг/л, 140 мг/л, 210 мг/л, 280 мг/л, 350 мг/л.

Использовали метод проростков, который позволяет выявить как токсическое, или подавляющее, действие исследуемых веществ, так и их стимулирующее воздействие. В ходе эксперимента фиксируют всхожесть, энергию прорастания, длину корневой системы, массу сухого вещества наземной и подземной части (при необходимости можно ограничиться двумя или тремя показателями) [Волкова, Кондакова, 2002]. В нашем эксперименте использовали такие показатели: всхожесть, энергия прорастания, длина корней.

Результаты и их обсуждение. Для оценки параметров фитотоксичности оксида цинка и диоксида титана оценивали всхожесть семян редиса посевного, подвергшегося воздействию раствором наночастиц различной концентрации. Результаты эксперимента представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1. Всхожесть семян редиса посевного при обработке наночастицами оксида цинка и диоксида титана

Исследуемый токсикант	Всхожесть семян при различных концентрациях, %					
	Контроль	20 мг/л	40 мг/л	60 мг/л	80 мг/л	100 мг/л
TiO_2	83,5±1,85	85±1,78	84,75±1,79	67±2,35*	63,5±2,40**	62±2,42**
ZnO	83,5±1,85	81,25±1,95	84,75±1,79	64±2,4*	75,5±2,15	66±2,36*

Примечания: здесь и в таблицах 2–4: * – тенденция к достоверности; ** – достоверность по Т-критерию Стьюдента при уровне значимости p<0,05.

Обработка семян растворами наночастиц диоксида титана с концентрацией 2 мг/л и оксида цинка с концентрацией 20 мг/л и 40 мг/л не вызвала достоверных изменений показателя всхожести. Увеличение концентрации раствора наночастиц диоксида титана и оксида цинка приводило к снижению всхожести семян. Максимальное снижение всхожести для семян, обработанных наночастицами диоксида титана, наблюдалось при концентрации 80 мг/л и 100 мг/л; семян, обработанных наночастицами оксида цинка, также при концентрации 60 мг/л и 100 мг/л.

Одновременно с оценкой воздействия растворов наночастиц диоксида титана и оксида цинка оценивали воздействие сульфата цинка на всхожесть и энергию прорастания семян. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Всхожесть семян редиса посевного после обработки сульфатом цинка

Исследуемый токсикант	Всхожесть семян при различных концентрациях, %					
	Контроль	70 мг/л	140 мг/л	210 мг/л	280 мг/л	350 мг/л
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	83,5±1,85	77,25±2,09	79±2,03	63±2,41**	65,25±2,38*	60,75±2,44**

Сравнительный анализ воздействия растворов наночастиц оксида цинка и сульфата цинка на показатели всхожести показал, что угнетение всхожести при обработке раствором наночастиц оксида цинка происходит при более низких концентрациях (60 мг/л и выше).

Результаты оценки энергии прорастания семян редиса посевного под воздействием наночастиц оксида цинка и диоксида титана представлены в таблице 3.

Таблица 3. Энергия прорастания семян редиса посевного после обработки наночастицами оксида цинка и диоксида титана

Исследуемый токсикант	Энергия прорастания (В) при различных концентрациях, %					
	Контроль	20 мг/л	40 мг/л	60 мг/л	80 мг/л	100 мг/л
TiO_2	83,5±1,85	75,5±2,15	73,5±2,20	64,5±2,39*	81,75±1,93	63,75±2,4*
ZnO	83,5±1,85	81,75±1,93	60,75±2,44**	68,75±2,31	66±2,36*	69,75±2,29

Среднее значение энергии прорастания для семян с наночастицами оксида цинка, как и всхожесть, не падала ниже 60 %, а для диоксида титана – 63 %. Достоверные различия энергии прорастания зафиксированы для диоксида титана при концентрации 60 мг/л и 100 мг/л, для диоксида цинка – при концентрациях 40 мг/л, 80 мг/л. Расчеты для семян с сульфатом цинка показаны в таблице 4.

Таблица 4. Энергия прорастания (В) семян редиса после обработки раствором сульфата цинка

Исследуемый токсикант	Энергия прорастания (В) при различных концентрациях, %					
	Контроль	70 мг/л	140 мг/л	210 мг/л	280 мг/л	350 мг/л
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	83,5±1,85	68,75±2,31**	69,5±2,30	81±1,96	64±2,4*	66±2,36*

Показатель энергии прорастания для семян с сульфатом цинка для всех концентраций был ниже контроля. Основываясь на результатах статистического анализа, можно утверждать, что концентрации сульфата цинка 280 мг/л и 350 мг/л негативно действуют на процесс прорастания семян (угнетение всхожести наблюдается при концентрации 210 мг/л и выше).

Таким образом, наблюдается большее угнетение показателей всхожести – в сравнении с энергией прорастания. Можно предположить, что это связано с режимом воздействия токсикантов на растения (энергия прорастания определяется на третьи сутки, всхожесть – на шестые сутки). Возможно, происходит задержка токсикантов наружной оболочкой семян, что обеспечивает нормальное развитие семян в первые сутки после воздействия. Воздействие токсикантов максимальное после разрушения оболочки и появления корешков.

Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг», ЦКП «Высокие технологии», лаборатории экологии и физиологии растений и лаборатории клеточных и геномных технологий растений Ботанического сада Академии биологии и биотехнологии Южного федерального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агафонов А.В., Редозубов А.А., и др. Фотокаталитическая активность нанопорошков диоксида титана, полученных золь-гель методом при различных значениях pH // *Журнал неорганической химии*. 2015. Т. 60. № 8. С. 1001–1008.

Волкова И.Н., Кондакова Г.В. *Экологическое почвоведение. Лабораторные занятия для студентов-экологов: метод. указания*. Ярославль, 2002. 35 с.

Дерябина Т.Д. *Адаптивные реакции и пределы толерантности Triticum aestivum* и *Allium cepa к наночастицам меди и железа*: дис. … канд. биол. наук. Оренбург, 2015. 123 с.

Иванычева Ю.Н., Жечкова Т.В., Полищук С.Д. Влияние нанопорошков меди и оксида меди на активность фитогормонов в проростках вики и яровой пшеницы // *Вестник РГАТУ*. 2012. № 1(13). С. 12–14.

Омельченко Г.В. *Использование тополя дельтовидного и пилезии многоцветковой в биомониторинге урбосистем* (*на примере г. Ростова-на-Дону*): дис. … канд. биол. наук. Ростов н/Д, 2013. 152 с.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО СПОСОБА РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В АСПЕКТЕ БИОТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.М. Васильев, Ю.Е. Домашенко, Л.А. Митяева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Россия
rosniipm@yandex.ru

В традиционном понимании биотехнология – это наука о методах и технологиях производства различных веществ и продуктов с использованием природных биотехнологических объектов и процессов. Биотехнология создает возможности получения разнообразных веществ и соединений из сравнительно дешевых, доступных и возобновляемых материалов. Развитие биотехнологии позволяет существенно интенсифицировать производство, повышать эффективность использования природных ресурсов, решать экологические проблемы, создавать новые источники энергии [Полторак, 2001; Сазыкин и др., 2007; Тимонов и др., 2008].

В настоящее время достижения биотехнологии перспективны в различных областях, а именно в промышленности, экологии, энергетике, медицине, сельском хозяйстве.

Антропогенное влияние на почву особенно возрастает в интенсивном земледелии, когда изменяются питательный, воздушный и водный режимы. Необходимость изучения этих изменений связана с вопросами сохранения и повышения почвенного плодородия. Микрофлору можно использовать в качестве показателя для определения направлений течения различных процессов в почве [Щедрин, 2004].

В рамках наших исследований подробнее остановимся на проведении биотехнологических процессов в сельском хозяйстве, а именно разработке новых составов и способов рекультивации почв, нарушенных в процессе сельскохозяйственной деятельности. Почва создает условия для развития микрофлоры, которая, в свою очередь, оказывает специфическое влияние на почву. В каждом виде почв, обладающем конкретными физико-химическими свойствами, развиваются определенное количество и группы микроорганизмов и устанавливается биологическое равновесие, характерное для данных условий и сезона. Микроорганизмы и микробиологические процессы играют важную роль в плодородии почвы и питании растений.

Современное сельское хозяйство, а именно регулярное орошение в течение длительного периода времени, отрицательно воздействует на окружающую среду в целом и на почву в частности. Необходим поиск способов и технологий, восстанавливающих и предупреждающих отрицательные последствия интенсификации мелиоративной отрасли. Эта проблема может быть решена разработкой нового способа рекультивации нарушенных сельскохозяйственных земель.

В основном при рекультивации нарушенных, деградированных и эродированных сельскохозяйственных земель используют составы, включающие природные сорбенты в сочетании с отходами нефтехимической промышленности. Со временем такой состав теряет свои полезные свойства и в значительной степени меняет свой состав, что в последующем может привести к еще большим необратимым процессам аэробных условий и ухудшения свойств почвы. При этом такие составы являются малоизученными с точки зрения последующего накопления токсичных веществ в сельскохозяйственных культурах [Антонова и др., 2015].

В ФГБНУ «РосНИИПМ» разработан новый состав и способ рекультивации нарушенных регулярным орошением земель. Положительный результат достигается тем, что предлагаемый

способ основан на внесении экологически безопасной композиции из влагосорбентов в нарушенные орошаемые земли в оптимальной дозе [Васильев, Митяева, 2011; Щедрин и др., 2011].

Преимуществом указанного способа является внесение в нарушенные орошаемые земли композиции, состоящей из четырех влагосорбентов: гидрогель, глауконитовый песок, сапропель, ракушечник в соотношении (%): 1 : 27 : 52 : 20.

Гидрогель представляет собой коллоидный гель, средой которого является вода, а дисперсная фаза частично соединяется с водой с образованием желеобразного материала, что наиболее эффективно в процессе восстановления нарушенных орошаемых земель. То есть использование в разработанной композиции гидрогеля позволяет поглощать большую часть воды, тем самым удерживать сцепление почвенных частиц с водой и, как следствие, восстанавливать такие водно-физические показатели свойств почвы, как водопроницаемость и водопрочность почвенных агрегатов. По истечении срока годности полностью распадается на аммоний, углекислый газ и воду.

Глауконитовый песок является природным сорбентом, представителем слоистых и сложноленточных силикатов. Положительный эффект глауконитового песка достигается в результате пролонгирующего действия в качестве удобрения в течение ряда лет, а также долговременного улучшения и разрыхления структуры почв.

Ракушечник является разновидностью известняка, который состоит преимущественно из обломков раковин морских животных. Имеет широко развитую капиллярную систему в своей микроструктуре, которая заполнена воздухом, благодаря этому происходит восстановление воздушных свойств почвы. При взаимодействии ракушечник и глауконитовый песок оказывают оструктуривающее, водоудерживающее и разуплотняющее действие на почву.

Сапропель способствует накоплению в почве гумуса и основных питательных элементов, поскольку материалом для образования сапропелей являлись остатки организмов, населяющие толщу донных отложений воды и ее поверхность, высшие водные растения и продукты их распада, а также поступающие с водосбора растворенные вещества и минеральные частицы.

Восстановление механической структуры, увеличение в почве гумуса и основных питательных элементов достигается в результате органического обмена между сапропелем и почвой.

Особая роль всех указанных компонентов в составе композиции из влагосорбентов объясняется воздействием на все свойства почвы и ее биологическую активность.

Для определения влияния оптимальной дозы композиции из влагосорбентов на продуктивность кукурузы был проведен модельный опыт с дозой внесения 1 т/га, 3,5 т/га, 8,5 т/га. В экспериментальные емкости 1 м^2 помещалась почва, предварительно смешанная с различной дозой композиции. Почва была взята с глубины 0–0,2 м с орошаемого нарушенного участка ОАО «Малоорловское» Мартыновского района Ростовской области слабой, средней и сильной степени нарушенности. Затем в каждую емкость высевались семена кукурузы, по 30 шт.

В условиях модельного опыта были оценены такие показатели, как всхожесть семян кукурузы, биометрические параметры, продуктивность растений (по нарастанию биомассы). Продолжительность опыта составила 4 недели, до стадии второго листа. По истечении данного времени были проведены биометрические исследования, определена средняя высота растений (табл. 1).

Данные биометрических исследований показывают, что при внесении различных доз композиции наблюдаются значительные увеличения показателей по отношению к контролю (без внесения композиции). Максимальное количество всхожести семян отмечено при внесении дозы 1 т/га композиции при слабой (28 шт.), при внесении дозы 3,5 т/га при средней (26 шт.) и при внесении дозы 8,5 т/га при сильной степени нарушенного орошаемого участка (30 шт.) по отношению к контролю. Анализируя данные по всхожести, можно сказать, что на нарушенных участках растения испытывали стресс, что подтверждается наименьшим количеством всходов, а на восстановленных участках не только опережали в развитии растения контрольного варианта, но и показали наибольшее количество всходов.

Таблица 1. Всхожесть семян кукурузы и средняя высота растений в зависимости от дозы внесения композиции из влагосорбентов

Показатель	Интенсивность процессов нарушений орошаемого участка								
	слабая			средняя			сильная		
	контроль	почва + 1 т/га	% к контролю	контроль	почва + 3,5 т/га	% к контролю	контроль	почва + 8,5 т/га	% к контролю
Всхожесть, количество семян	22	28	127	18	26	144	25	30	120
Средняя высота растений, см	6	10	166	8	15	187	10	17	170

Полученные данные биометрических исследований показывают положительное влияние оптимальных доз композиции из влагосорбентов на рост и развитие кукурузы. При внесении оптимальных доз композиции из влагосорбентов наблюдается значительное увеличение показателей по отношению к контролю. В результате этих изменений усиливаются процессы минерализации и в почву поступает больше доступных питательных веществ, которые могут быть биологическим путем переведены в усвояемые формы. Таким образом, происходит улучшение водного, воздушного и питательного режимов почвы, что сказывается существенным образом на микрофлоре: меняются количество отдельных групп микроорганизмов, т.е. соотношение между ними, а также динамика и интенсивность микробиологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова Н.А., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Влияние орошения на микробиологические показатели почв Ростовской области // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр.* / ФГБНУ «РосНИИПМ». Вып. № 1(57). Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. С. 49–53.

Васильев С.М., Митяева Л.А. Разработка композиции из влагосорбентов для защиты почв от процессов ирригационной эрозии на орошаемых землях ОАО «Малоорловское» Ростовской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2011. № 2. С. 165–170.

Полторак Я.А. Применение биотехнологии в сельскохозяйственном производстве // *Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн*. 2001. № 71(07). 8 с.

Сазыкин Ю.О., Орехов С.Н., Чакалева И.И. *Биотехнология: уч. пос.* / под ред. А.В. Катлинского. М.: Академия, 2007. 254 с.

Тимонов И.В., Рубан Е.А., и др. *Биотехнология: уч.* / под ред. Е.С. Воронина. СПб.: ГИОРД, 2008. 703 с.

Щедрин В.Н. *Орошение сегодня: проблемы и перспективы*. М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. 225 с.

Щедрин В.Н., Васильев С.М., и др. *Композиция из влагосорбентов для защиты почв от водной эрозии*. Пат. № 2430952. Российская Федерация, МПК C09K 17/14 (2006.01) / заявитель и патентообладатель ФГНУ «РосНИИПМ». № 2010105352/05; заявл.15.02.2010; опубл. 10.10.2011. Бюл. № 28. 4 с.

ТАКСОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПРИЗНАКИ, АРХИТЕКТОНИКА И ФИЛОГЕНИЯ ПШЕНИЦ

Н.П. Гончаров[1, 2], А.Е. Кузнецова[1, 2], С.Р. Туманян[1, 2]

[1] Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия
[2] Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия
gonch@bionet.nsc.ru

Природа создала лишь четыре вида диких пшениц двух уровней плоидности (ди- и тетраплоидного) – однозернянки и полбы, использовав при этом только четыре генома – A^u, A^b, *B* и *G* – из десятка возможных. В настоящее время очевидно, что гексаплоидные виды рода являются самыми эволюционно молодыми и что первичный гексаплоид получен присоединением генома *D* диплоидного дикорастущего злака – эгилопса *Aegilops squarrosa* L. (синоним *Ae. tauschii* Cosson) к имеющей геном BBA^uA^u и уже возделываемой человеком несколько тысячелетий тетраплоидной пшенице. Дикие гексаплоиды в природе не обнаружены, равно как и дикие голозерные тетраплоидные виды пшениц. Они, если и не являются произведением рук человеческих, то по крайней мере есть результат удачного отбора первобытным земледельцем случайно появившихся в природе вариабельных форм.

Накопленные к настоящему времени данные о нуклеотидных последовательностях геномов различных видов пшениц позволяют не только с большой степенью достоверности установить филогенетические взаимоотношения, но и провести временные оценки дивергенции видов, выявить не только направление доместикации, но и филогенетические взаимоотношения внутри рода *Triticum* L.

Узким местом всех предложенных в настоящее время классификаций рода *Triticum* является отсутствие информации о типе генетического контроля идентичных по своему фенотипическому проявлению морфологических признаков, которые служат отправными точками для определения меж- и внутривидовых родственных связей. Гены, контролирующие морфологические признаки колоса и форму зерновок, на которых основаны классификации пшениц, в том числе и генетические, не многочисленны и уже в настоящее время могут быть идентифицированы относительно друг друга при помощи сравнительно-генетического анализа. Данные признаки важны и для селекции культуры, поскольку позволяют менять архитектонику современных сортов, что представляет значительный интерес для селекции будущего и позволит создавать высокоурожайные сорта нового поколения.

На основе собственных сравнительно-генетических и молекулярно-биологических исследований и данных литературы в работе рассматриваются вопросы филогении пшениц, кризиса систем рода *Triticum* и пути его преодоления, а также возможность построения классификации рода, основанной на использовании результатов молекулярно-биологического и сравнительно-генетического анализов.

Работа поддержана грантом РНФ № 16-16-10021.

ИССЛЕДОВАНИЕ SSR-МАРКЕРОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГЕНОМ УСТОЙЧИВОСТИ РИСА К ДЛИТЕЛЬНОМУ ЗАТОПЛЕНИЮ Sub1A

А.А. Ковалевич[1], А.В. Усатов[1], К.В. Азарин[1], М.С. Макаренко[1], П.И. Костылев[2]

[1]Академия биологии и биотехнологии им Д.И. Ивановского Южного федерального университета г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
nightmare9606@gmail.com

В мировом сельскохозяйственном производстве рис является одной из наиболее распространенных культур. Площади его посевов, по данным ООН (FAO), в 2014 г. достигли 163 млн га. В связи с интенсификацией производства особое значение в селекции сельскохозяйственных культур стали приобретать молекулярные маркеры, позволяющие многократно сократить время и трудоемкость классической селекции и повысить степень надежности оценки селекционного материала [Usatov et al., 2014]. В частности, SSR-, или микросателлитный анализ эффективен для решения такого рода задач. Микросателлитные локусы в основном представлены некодирующими участками ДНК, множественными аллелями и обладают кодоминантным типом наследования, что делает их перспективными для маркерной селекции растений [Ali et al., 2014].

Одним из направлений селекции риса является отбор генотипов, устойчивых к длительному затоплению. Эта проблема актуальна, поскольку около трети мировых посевных площадей находится в зоне полного или частичного подтопления. В России создание устойчивых к затоплению сортов риса также востребовано для безгербицидной технологии выращивания этой культуры. Данная технология подразумевает на этапе прорастания семян повышение слоя воды в чеках на более 30 см. При этом из-за недостатка кислорода часто наблюдается массовая гибель не только сорных растений, но и проростков самой культуры. Устойчивость к гипоксии (затоплению) у риса связана с генами первичного ответа на этилен, такими как Sub1A [Fukao et al., 2009]. Важным этапом в селекции устойчивых сортов риса к затоплению стала идентификация QTL Sub1. Данный локус был картирован на 9-й хромосоме, при этом регион Sub1 ограничен маркерами A209rf и SSR1A, охватывая более 182 т.п.о. (рис. 1) [Sarkar et al., 2009].

Целью работы является поиск информативных кодоминантных SSR-маркеров, ассоциированных с геном устойчивости риса к длительному затоплению – Sub1A.

Материалом исследования служили селекционные образцы риса *Oryza sativa* ssp. japonica (10 отечественных сортов), ssp. indica (4 сорта вьетнамской селекции) и гибриды F2, полученные в результате скрещивания 4 вьетнамских сортов с сортом Новатор из коллекции ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко. При получении гибридов вьетнамские сорта CR1009, BR-11, TDK-1, Inbara служили в качестве доноров гена Sub1A [Fukao et al., 2008]. У отечественных сортов, включая Новатор, данный ген отсутствовал [Костылев и др., 2015].

В SSR-анализе использовали 7 микросателлитных маркеров (RM316, RM444, RM464, RM7481, RM 219, RM 2387б, RM8303), которые, согласно генетической карте риса (http://www.gramene.org), расположены на расстоянии 0,7–6,5 сМ от целевого гена Sub1A (рис. 1).

ДНК выделяли из листьев 21 проростка риса с использованием коммерческого набора «Сорб-ГМО-Б» («Синтол», Россия). Полимеразную цепную реакцию проводили в 25 мкл реакционной смеси следующего состава: 67 мМ трис-HCl pH 8,4, 16мМ $(NH_4)_2SO_4$, 2,5 мМ $MgSO_4$, 0,1 мМ меркаптоэтанола, 0,25 мМ каждого $_д$НТФ ($_д$АТФ, $_д$ЦТФ, $_д$ТТФ, $_д$ГТФ), 10 мкмоль праймера, 2,5 ед. Taq-полимеразы, 30 нг выделенной ДНК в термоциклере PalmCycler (Corbett

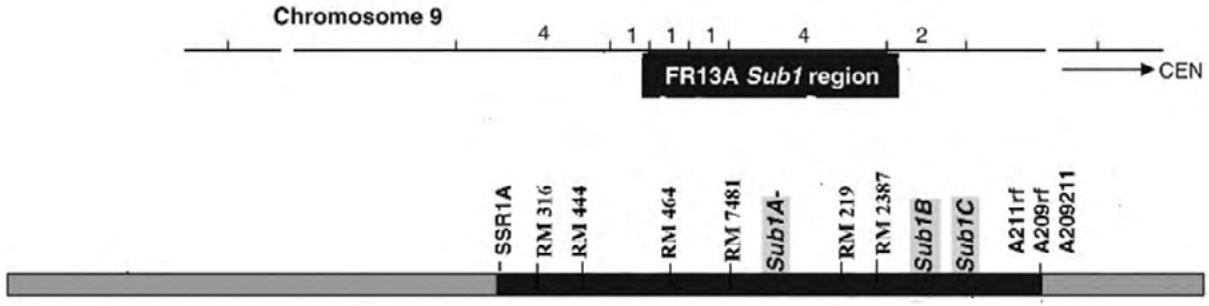


Рис. 1. Генетическая карта Sub1-региона и локализация микросателитных маркеров

Research, Австралия). Ампликоны разделяли в 2 %-ном агарозном геле с *бромистым этидием* – 0,5 мкг/мл. В качестве маркера массы использовали 100 bp Ladder DNA marker (Axygen biosciences, США). После окончания электрофореза гели переносили на трансиллюминатор и фотодокументировали с помощью видеосистемы (GelDoc 2000, BioRad, США).

Из семи проанализированных SSR-маркеров только один – RM7481 – оказался информативным для дифференциации образцов риса по наличию/отсутствию гена Sub1A. Продукт амплификации SSR-локуса RM7481 размером 70 п.н. был обнаружен у всех отечественных сортов, без гена Sub1A, а в генотипах вьетнамских сортов, у которых данный ген присутствовал, размер RM7481 маркера составил около 100 п.н. (рис. 2). Такое различие в размерах ПЦР продуктов позволяет идентифицировать образцы с геном Sub1A и определять его аллельное состояние в генотипах гибридных растений.

Далее была проведена апробация информативности кодоминантного SSR-маркера RM7481 у 80 гибридов F_2, полученных в результате скрещиваний отечественного сорта Новатор с 4 сортами вьетнамской селекции – CR1009, BR-11, TDK-1, Inbara. В качестве примера на рисунке 3 представлена электрофореграмма продуктов амплификации ДНК родительских форм и гибридов F_2 с маркером RM7481. Видно, что у образцов с номерами 29, 30, 32, 36, 40, 46, 50, 57, 58 ген Sub1A представлен в гомозиготном состоянии, а у образцов с номерами 28, 31, 33,34, 37,

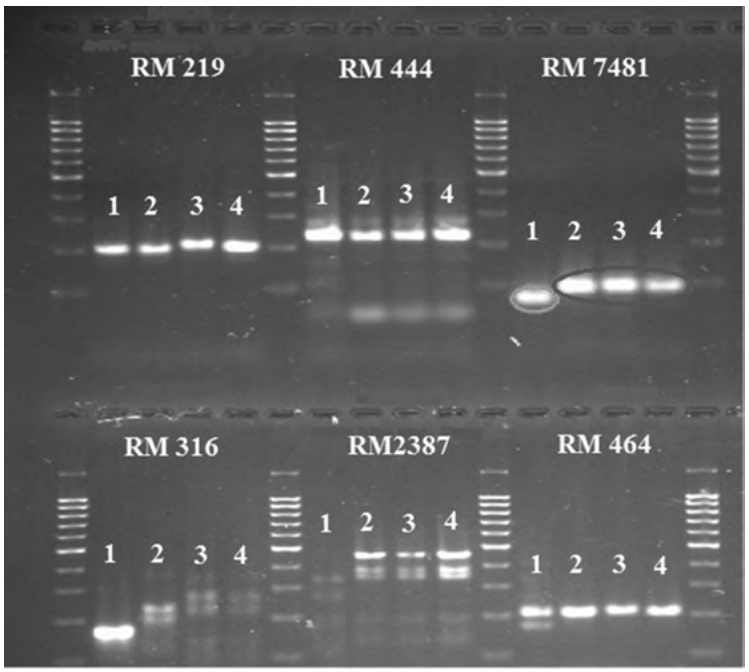


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК родительских форм риса с SSR-маркерами, демонстрирующая информативность маркера RM 7481: 1 – Новатор; 2 – BR-11; 3 – Inbara; 4 – TDK; выделенные области – ампликоны размером 70 п.н., 100 п.н.

41–44, 47, 48, 49, 52–56, 154, 155, 159, 160, 162 – в гетерозиготном. У образцов с номерами 35, 39, 51, 59, 153 данный ген отсутствует.

Суммируя вышеприведенные результаты, можно заключить, что из 80 исследованных гибридов F_2 по локусу гена Sub1A 22 представлены гомозиготами, 33 гетерозиготами, у 25 образцов данный ген отсутствует.

Таким образом, в результате исследования SSR-маркеров, ассоциированных с локусом устойчивости риса к длительному затоплению Sub1A, продемонстрирована высокая информативность кодоминантного маркера RM7481 для дальнейшей маркерной селекции.

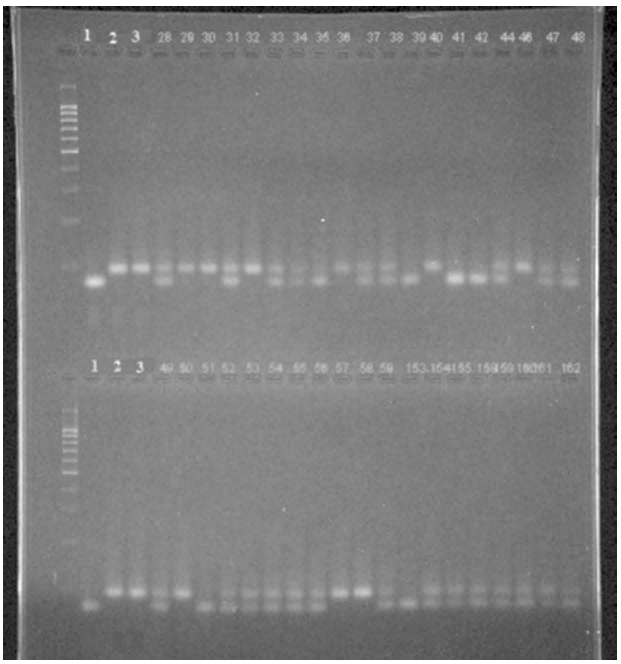


Рис. 3. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК родительских форм риса: 1 – Новатор, 2 – TDK-1, 3 – Inbara и гибридов F_2 с маркером RM7481

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 40.91.2014/К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Костылев П.И., Усатов А.В., и др. Перспективы использования устойчивого к длительному затоплению риса с геном Sub1 в селекции российских сортов // *Зерновое хозяйство России*. 2015. № 4. С. 37–42.

Ali M.N., Yeasmin L., et al. Screening of rice landraces for salinity tolerance at seedling stage through morphological and molecular marker. *Physiol Mol Biol Plants*. 2014. Vol. 20. P. 411–423.

Fukao T., Bailey-Serres J. Submergence tolerance conferred by Sub1A is mediated by SLR1 and SLRL1 restriction of gibberellin responses in rice. *Proc. Natl Acad. Sci*. 2008. Vol. 105. P. 16 814–16 819.

Fukao T., Harris T., Bailey-Serres J. Evolutionary analysis of the Sub1 gene cluster that confers submergence tolerance to domesticated rice. *Ann Bot.* 2009. Vol. 103. P. 143–150.

Sarkar R.K., Panda O., et al. Performance of submergence tolerant rice genotypes carrying the Sub1 QTL under stressed and non-stressed natural field conditions. *Indian J. Agric. Sci.* 2009. Vol. 5. P. 876–883.

Usatov A.V., Klimenko A.I., et al. DNA-markers of sunflower resistance to the downy mildew (Plasmopara Halstedii). *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2014. Vol. 10. Iss. 2. P. 136–140.

РЕЦЕПТОРЫ АНГИОТЕНЗИНА II ВТОРОГО ТИПА – ПРЕДИКТОРЫ РЕЦИДИВА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

М.И. Коган[1, 2], Е.А. Черногубова[1, 2], М.Б. Чибичян[1, 2], А.Э. Мацонис[3], П.Э. Повилайтите[3], И.А. Павленко[3]

[1] Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[3] Патологоанатомическое бюро, г. Ростов-на-Дону, Россия
eachernogubova@mail.ru

Рак предстательной железы (РПЖ) занимает ведущее место в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями в большинстве экономически развитых стран и является не только медицинской, но и социальной проблемой [Архипова и др., 2014; Злокачественные новообразования … 2016; Siegel et al., 2015].

В настоящее время в клинической практике доступен ограниченный ряд методов, позволяющих осуществлять персонифицированный прогноз для пациентов с РПЖ. Выявление белков, ассоциированных с агрессивными формами рака предстательной железы, позволяет получить новые данные о молекулярных механизмах канцерогенеза на разных этапах злокачественной трансформации и опухолевой прогрессии.

Опухолевая прогрессия сопровождается повышенной экспрессией компонентов ренин-ангиотензиновой системы (РАС): ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), ангиотензина II его рецепторов – AT1-R и AT2-R. АПФ и другие компоненты РАС экспрессируются всеми типами клеток, находящихся в микроокружении опухоли, в том числе эндотелиальными клетками, моноцитами, макрофагами, дендритными клетками, фибробластами и Т-клетками [Okwan-Duodu et al., 2013].

Считается, что большинство эффектов ангиотензина II реализуется через активацию рецепторов AT1-R, тогда как рецепторы AT2-R являются негативными регуляторами сигнальных путей, зависимых от AT1-R. Установлено, что AT2-рецепторы выполняют «полезные» функции, такие как вазодилатация, процессы заживления, репарации и регенерации, антипролиферативное действие, дифференцировка и развитие эмбриональных тканей. Количество AT2-рецепторов в тканях непостоянно: их число резко увеличивается при повреждении тканей и необходимости репаративных процессов.

Основным механизмом канцерогенного влияния РАС является ангиогенез, который опосредуется преимущественно через ангиотензин II – AT1-R-зависимый сигналинг: ангиотензин II, образующийся под действием АПФ, активирует рецепторы ангиотензина II типа I, которые стимулируют экспрессию нескольких проангиогенных факторов и факторов роста, включая фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), ангиопоэтин 2, фактор роста фибробластов (FGF-a) и фактор роста тромбоцитов (PDGF) [Кугаевская и др., 2015; Hunyady, Catt, 2006]. В противоположность этому селективная стимуляция рецепторов ангиотензина II типа 2 вызывает торможение ангиогенеза [Carbajo-Lozoya et al., 2012]. Таким образом, в настоящее время доказано, что РАС относится к числу систем организма, вовлеченных в сложные пути канцерогенеза [Wegman-Ostrosky et al., 2015]. Исследования, касающиеся роли РАС в опухолевой прогрессии, в настоящее время являются одними из приоритетных [Кугаевская и др., 2015].

Цель исследования – идентифицировать маркеры для прогнозирования агрессивных форм рака предстательной железы.

Работы с биологическими материалами, полученными у пациентов, были проведены в соответствии с Национальным стандартом РФ «Надлежащая клиническая практика» (Good Clinical Practice; GCP) (ГОСТ Р 52379-2005). На первом этапе пациенты, участвующие в исследовании, были обследованы с использованием клинических и инструментальных методов

с обязательной морфологической верификацией опухоли предстательной железы, включая определение степени злокачественности (Gleason score). Проводившаяся с целью гистологической верификации диагноза трансректальная мультифокальная пункционная биопсия выполнялась под контролем трансректальной ультрасонографии и обеспечивала получение от одного пациента до 18 образцов тканей из различных зон простаты. Гистологически все случаи рака простаты были охарактеризованы как аденокарцинома.

Выбор методики лучевой терапии и ее сочетания с антиандрогенными стратегиями осуществлялся с учетом данных обследования.

Через 1, 6, 12 и 18 месяцев после завершения неоадъювантной таргетной терапии проводили мониторинг уровня ПСА в сыворотке крови. Согласно рекомендациям Американского общества терапевтической радиологии и онкологии (American Society for Therapeutic Radiology and Oncology), критерием биохимической прогрессии после наружной лучевой терапии являются 3 последовательных повышения уровня ПСА (ПСА ⩾ 2 нг/мл относительно надир уровня ПСА), независимо от его значения.

Исследован материал пункционных биопсий простаты 20 мужчин с РПЖ, которым проводилась гормоно-лучевая терапия (ГЛТ). Первую группу составили 10 мужчин с РПЖ (средний возраст 62,2±1,4 года, ПСА – 28,8±0,5 нг/мл) с развитием биохимического рецидива и клиническими признаками рецидива. Вторую группу составили 10 мужчин с местнораспространенным РПЖ (средний возраст 64,7±2,4 года, ПСА – 21,8±14,2 нг/мл) с безрецидивным течением. Группу сравнения составили 10 пациентов с доброкачественной гиперплазией предстательной железы (ДГПЖ).

Для идентификации ассоциированных с прогрессией РПЖ показателей – потенциальных маркеров клинически агрессивных форм рака простаты – определяли экспрессию рецепторов ангиотензина II второго типа в ткани предстательной железы. Для иммуногистохимического исследования использован материал полифокальных пункционных биопсий и антитела Angiotensin II Type 2 Receptor (AT2), rabbit polyclonal, 1:100 (Abcam). В работе применены системы визуализации, промывочные и демаскировочные растворы производства Dako (Германия). Постановка иммуногистохимических реакций, интерпретация полученных результатов осуществлены в соответствии с общепринятыми правилами [Dabbs, 2006]. Экспрессию рецепторов AT2-R оценивали, подсчитывая долю иммунопозитивных клеток от общего числа опухолевых клеток в поле зрения микроскопа при увеличении в 40 раз.

Для расчетов использовали статистический пакет программ XLSTAT, версия 7.5.2. для Macintosh. Математическую модель предсказания биохимической прогрессии в зависимости от значения AT2-R строили с использованием бинарной логистической регрессии. В качестве зависимой бинарной переменной использовали данные о биохимическом рецидиве: есть/нет.

Ранее нами показано, что в ткани предстательной железы эффекторное действие калликреин-кининовой и ренин-ангиотензиновой систем при злокачественной и доброкачественной трансформации простаты оказывается через разные типы рецепторов – брадикининовых и ангиотензиновых [Коган и др., 2015а]. Действие ангиотензина II осуществляется по меньшей мере через два различных типа рецепторов – AT1-R и AT2-R. В литературе имеются немногочисленные и довольно противоречивые данные о функционировании этих рецепторов в предстательной железе в норме и патологии.

Установлено, что экспрессия рецепторов AT2 наблюдается как в ядрах эпителиальных клеток при ДГПЖ, так и в опухолевых клетках при РПЖ. Однако характер экспрессии при этих заболеваниях различен. При ДГПЖ экспрессия AT2-R во всех случаях максимальная, доля окрашенных клеток – 1 (или 100 %). Вероятно, AT2-R обладает протективными свой-

ствами в отношении развития РПЖ, однако конкретный биологический механизм данного феномена еще не изучен. При РПЖ в ряде случаев доля окрашенных анти-AT2-R антителами клеток снижена. При значениях AT2-R менее 0,7 вероятность возникновения биохимического рецидива определяется как высокая (табл. 1).

Таким образом, снижение экспрессии AT2-R в ткани простаты до начала ГЛТ отмечается у пациентов с последующим развитием биохимического рецидива, следовательно, дефицит рецепторов к ангиотензину II второго типа ассоциирован с клинически агрессивными формами рака предстательной железы.

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов 1-й и 2-й групп

Анализируемый признак	Доля AT2-R, %		P
	1-я группа	2-я группа	
AT2-R≤0,7	44	1	<0,01
AT2-R≥0,7	11	33	<0,01

Поскольку в результате математического анализа получено подтверждение значимости показателя AT2-R в отношении развития биохимического рецидива, была построена математическая модель для определения вероятности (p) развития биохимического рецидива (есть/нет) для каждого пациента.

Уравнение логистической регрессии имеет вид: $Y = 6{,}31 - 8{,}494 \times$ AT-R, где AT2-R – доля клеток с иммуногистохимической экспрессией AT2-R.

При использовании модели предсказания биохимической прогрессии после гормонолучевой терапии в зависимости от значения AT2-R в ткани простаты чувствительность теста составляет 87,5 % (p<0,01), специфичность 85,71 % (p<0,01).

Ранее нами установлено, что развитие рецидива РПЖ ассоциировано с увеличением активности АПФ, причем активность АПФ начинает расти раньше, чем отмечается развитие биохимического рецидива [Коган и др., 2015б]. Необходимо отметить, что рост активности ангиотензинпревращающего фермента на ранних этапах развития рецидива РПЖ приводит к накоплению пептидного регулятора канцерогенеза – ангиотензина II, при этом лимитирующим фактором развития агрессивных форм рака простаты является наличие рецепторов к ангиотензину II. Мы предполагаем, что повышение активности АПФ на фоне снижения экспрессии рецепторов к ангиотензину II второго типа является маркером, прогнозирующим ухудшение клинического исхода заболевания.

Таким образом, анализ экспрессии AT2-R в ткани простаты больных РПЖ до начала лечения позволяет с достаточной точностью выделить пациентов с высоким риском развития рецидива заболевания после ГЛТ и выбрать в отношении их оптимальную терапевтическую стратегию.

В статье представлены результаты работ, выполненных при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения о предоставлении субсидии № 14.607.21.0099, уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60714X0099, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архипова О.Е., Черногубова Е.А., и др. *Пространственно-временной анализ встречаемости онкологических заболеваний как индикатора медико-экологической безопасности* / под ред. чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д: Изд-во Южного научного центра РАН, 2014. 224 с.

Злокачественные новообразования в России в 2014 году (*заболеваемость и смертность*) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2016. 250 с.

Коган М.И., Черногубова Е.А., и др. Роль калликреин-кининовой и ренин-ангиотензиновой систем в патогенезе рака предстательной железы // *Урология*. 2015а. № 3. С. 50–54.

Коган М.И., Чибичян М.Б., и др. Молекулярные механизмы развития биохимического рецидива после простатэктомиии при раке предстательной железы // *Урологические ведомости*. 2015б. Т. 5. № 1. С. 18–19.

Кугаевская Е.В., Тимошенко О.С., и др. Ангиотензинпревращающий фермент: антигенные свойства доменов, роль в метаболизме пептида бета-амилоида и опухолевой прогрессии // *Биомедицинская химия*. 2015. Т. 61. № 3. С. 301–311.

Carbajo-Lozoya J., Lutz S., et al. Angiotensin II modulates VEGF-driven angiogenesis by opposing effects of type 1 and type 2 receptor stimulation in the microvascular endothelium. *Cell Signal*. 2012. Vol. 24. P. 1261–1269.

Dabbs D.J. *Diagnostic Immunohistochemistry*. 2nd edit. Philadelphia, Churchill Livingstone, Elsevier, 2006. 828 p.

Hunyady L., Catt K.J. Pleiotropic AT1 receptor signaling pathways mediating physiological and pathogenic actions of angiotensin II. *Molecular Endocrinology*. 2006. Vol. 20. P. 953–970.

Okwan-Duodu D., Landry J., et al. Angiotensin-converting enzyme and the tumor microenvironment: mechanisms beyond angiogenesis. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. 2013. Vol. 305. P. 205–215.

Siegel R., Miller K.D., et al. Cancer Statistics, 2015. *C.A. Cancer J. Clin*. 2015. Vol. 65. Iss. 1. P. 5–29.

Wegman-Ostrosky T., Soto-Reyes E., et al. The renin-angiotensin system meets the hallmarks of cancer. *J. Renin Angiotensin Aldosterone Syst.* 2015. Vol. 16. No 2. P. 227–233.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КРИТЕРИЙ ШЕННОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДНК-МАКЕРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ

А.Ю. Колосов, С.Ю. Бакоев, М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева

Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия
Kolosov777@gmail.com

В основе маркерной селекции в животноводстве лежат модели оценки племенных качеств животных, в состав которых включены различные ДНК-маркеры продуктивности. При этом точность таких моделей зависит от степени влияния этих маркеров на целевые показатели [Голованова, 2003]. Таким образом, отправной точкой при разработке маркерных моделей оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных является определение уровней информативности имеющихся маркеров – кандидатов на включение в модель.

Традиционно в маркерных исследованиях применяются статистические критерии оценки влияния ДНК-маркеров на те или иные показатели. Однако такой подход зачастую требует наличия определенных условий, которым должны соответствовать исходные выборки. В то же время существуют теоретико-информационные подходы решения этих задач, которые не накладывают дополнительных ограничений на анализируемый набор данных. Таким образом, информационные критерии проверки статистических гипотез являются сильными конкурентами стандартных статистических критериев [Кильчевский, 2008].

Данная работа посвящена изучению возможностей оценки информативности с использованием информационного критерия Шеннона на примере гена гормона роста GH с точки зрения его влияния на откормочные и мясные качества гибридных свиней F1.

Ген гормона роста, включающий в себя 2230 пар оснований нуклеотидов, пять экзонов, четыре интрона и прилегающие участки, является одним из важнейших эндогенных факторов, стимулирующих рост и развитие животных [Bižienė et al., 2011]. Это позволяет рассматривать полиморфизм этого гена, идентифицированный в первом интроне и локализованный в хромосоме 12p1.2-p1.5, в качестве потенциального гена-маркера отдельных показателей продуктивности животных [Мамонтов и др., 2015; Vize, Wells, 1987].

Молекулярно-генетический мониторинг поголовья гибридных свинок F1 (♀ландрас × ♂крупная белая) одного из племенных заводов РФ установил наличие трех генотипов по гену гормона роста. Сводные данные по распределению частот аллелей и генотипов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Частота аллелей и генотипов гена GH у гибридных свинок F1

Генотип	Количество (n)	Частота генотипов	Аллели	Частота аллелей
AA	3	0,05	A	0,25
AG	22	0,40	G	0,75
GG	30	0,55		

В таблице 2 представлены данные о продуктивности свиней исследуемой группы в зависимости от генотипа по гену гормона роста. Продуктивные качества учитывали по результатам контрольного выращивания до 100 кг.

Таблица 2. Показатели продуктивности гибридных свинок F1в зависимости от генотипов по гену GH

Генотипы	Среднее значение	Дисперсия
Скороспелость, дн.		
AA	162,00	7,00
AG	159,14	50,12
GG	157,43	46,12
Длина туловища, см		
AA	122,00	4,00
AG	121,77	6,66
GG	122,42	11,01
Толщина шпика, мм		
AA	13,33	1,33
AG	12,32	5,75
GG	13,46	4,60

Критерий информативности генов по Шеннону рассчитывался с использованием формулы (1):

$$I(x_i) = 1 + \sum_{i=1}^{G} (P_i \cdot \sum_{k=1}^{K} P_{ik} \cdot \log_K P_{ik}), \quad (1)$$

где G – количество градаций признака; K – количество классов; P_i – вероятность i-й градации признака, рассчитывается по формуле

$$P_i = \frac{\sum_{k=1}^{K} m_{i,K}}{N}, \quad (2)$$

$P_{i,k}$ – вероятность появления i-й градации признака в K-м классе, рассчитывается по формуле

$$P_{i,k} = \frac{m_{i,k}}{\sum_{k=1}^{K} m_{i,k}}, \quad (3)$$

где $m_{i,k}$ – частота появления i-й градации в K-м классе, N – общее число наблюдений.

Расчёты проводили в системе компьютерной математики MathCAD.

В таблице 3 представлены результаты оценки информативного потенциала гена гормона роста для прогнозирования уровня откормочной и мясной продуктивности.

Таблица 3. Оценки информативности полиморфизма гена гормона роста по методу Шеннона

Признак	Информативность
Скороспелость	0,74
Длина туловища	0,61
Толщина шпика	0,73

С учетом того, что полученные оценки являются нормированными величинами, данные таблицы 3 показывают высокую абсолютную информативность полиморфизма гена GH применительно к показателям скороспелости (0,74), длины туловища (0,61) и толщины шпика (0,73). Такие значения однозначно свидетельствуют о целесообразности использования полиморфизма гена GH в качестве параметра в моделях оценки продуктивных качеств гибридов F1.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых-кандидатов наук, договор № 14.W01.16.7781-МК от 14 марта 2016 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голованова И.С. *Выбор информативных признаков. Оценка информативности. Метод. указ. к л. р.* Томск, 2003.

Кильчевский А.В. *Генетические основы селекции растений. Т. 1: Общая генетика растений* / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. Минск: Белорус. наука, 2008. 551 с.

Мамонтов С.Н., Гетманцева Л.В., и др. Разработка современных методов селекции свиней в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» // *Свиноводство*. 2015. № 5. С. 35–37.

Bižienė R., Miceikienė I., et al. Association between growth hormone gene polymorphism and economic traits in pigsissn 1392-2130. *Veterinarija irzootechnika* (*Vet. Med. Zoot.*). 2011. Vol. 56. No 78.

Vize P.D., Wells J.R.E. Isolation and characterization of the porcine growth hormone gene. *Gene.* 1987. Vol. 55. P. 339–344.

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА CAST/MspI У МЕРИНОСОВЫХ ОВЕЦ, РАЗВОДИМЫХ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Колосов, Л.В. Гетманцева, Н.В. Широкова, Н.Ф. Бакоев, А.Н. Карабиневский

Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия
donanimalgene@mail.ru

Введение. Овцеводство Российской Федерации представляет собой специализированную отрасль животноводства с богатым генофондом, насчитывающим около 40 пород и породных групп [Столповский и др., 2008]. Овцеводство по разнообразию производимой продукции не имеет себе равных среди отраслей продуктивного животноводства и для Ростовской области является приоритетным направлением развития сельского хозяйства. Сальская порода овец создавалась в Ростовской области в течение почти 20 лет (1930–1950 гг.).

В настоящее время овцы сальской породы хорошо приспособлены к специфическим условиям содержания в сальских степях. Животные в массе имеют крепкую конституцию. Настриг шерсти с баранов составляет 14–17 кг (5–9 кг в пересчете на мытую), с маток 5–8 кг (2,5–3,0 кг в пересчете на мытую). Выход чистой шерсти достигает 47–50 %. Шерсть у ярок и переярок преимущественно 64-го, а баранов-производителей 60-го качества при средней длине 8–9 см (белая). Живая масса баранов-производителей 95–110 кг, маток 50–55 кг. Плодовитость сальских овец составляет 124–140 % [Колосов, Широкова, 2012].

Советский меринос – это тонкорунная порода овец, дающая большое количество качественной шерсти и мяса. Разводится повсеместно на территории России в больших и малых фермерских хозяйствах. Советский меринос хорошо набирает вес, прекрасно отъедаясь на комбикормах с минеральными добавками и свежей траве. Бараны имеют крепкие, сильные, массивные рога, по которым представителей породы можно легко узнать на любом пастбище [Kolosov et al., 2013]. Взрослая овца может набирать вес до 98 кг, а баран – до 150 кг. Убойный выход составляет 42–48 %.

На сегодняшний день в качестве перспективного маркера мясной продуктивности овец тестируется ген кальпастатина (CAST). Кальпастатин – эндогенный высоко-специфический ингибитор, мощный регулятор активности кальпаина в клетке. Кальпаин присутствует практически во всех клетках и тканях организма позвоночных в виде различных изоформ. Образование активного комплекса кальпаин-кальпастатина в присутствии ионов кальция оказывает широкое влияние на клеточные функции и обеспечивает регуляцию важнейших жизненных процессов – синаптической передачи, секреции, клеточной дифференциации, обмена мышечных белков и многих других [Sato, Kawashima, 2001].

Ген CAST (Gene ID: 443364) у овец локализован в 5-й хромосоме, состоит из 29 экзонов и имеет общий размер 89553 bp. Полиморфизм гена, расположенный в первом интроне между экзонами 1C и 1D, может быть определен методом ПЦР-ПДРФ с использованием эндонуклеазы рестрикции MspI [Palmer et al., 1998]. Исследования, проведенные по изучению данного полиморфизма у различных пород овец, показали статистически значимую связь между генотипами гена CAST и росто-весовыми признаками овец [Sunilkumar et al., 2014].

В связи с этим целью нашей работы было изучение MspI-полиморфизма гена CAST (CAST/MspI) у овец, разводимых в Ростовской области (советский меринос и сальская порода), и поиск ассоциаций между генотипами гена и ростовыми признаками овец сальской породы.

Материал и методы исследования. Исследования проводили на овцах породы советский меринос (n = 72) и сальской породы (n = 108), разводимых в ООО «Белозерное» Сальского района Ростовской области, Россия. Для проведения молекулярно-генетических исследований у животных были отобраны образцы ткани с ушной раковины площадью 1 см². ДНК выделяли с применением набора реагентов DIAtom DNA Prep 100 (ООО «НПФ Генлаб»).

Анализ проводили методом ПЦР-ПДРФ (полимеразной цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов).

Для амплификации фрагмента гена CAST длиной 622 bp (экзон 1C-61 bp, интрон 1-473 bp and экзон 1D-88 bp) использовали праймеры: Ovine 1C: 5´-TGGGGCCCAATGACGCCATCGATG-3´, Ovine 1D: 5´-GGTGGAGCAGCACTTCTGATCACC-3´ в следующем режиме: предварительная денатурация при 95 °C 4 мин и далее 35 циклов: 94 °C – 45 с, 62 °C – 45 с, 72 °C – 45 с; заключительный синтез при 72 °C – 7 мин [Palmer et al., 1998]. Рестрикцию амплифицированного фрагмента проводили эндонуклеазой MspI. При наличии сайта рестрикции образуются два фрагмента длиной 336 и 286 bp, что соответствует аллелю M, при отсутствии сайта длина фрагмента остается без изменения (622 bp). Размер полученных рестрикционных фрагментов определяли методом электрофореза в 2 %-ном агарозном геле в присутствии бромистого этидия.

По результатам молекулярно-генетического анализа устанавливали наличие и частоту аллелей и генотипов.

Влияние генотипов гена CAST на ростовые признаки учитывали у баранчиков по следующим показателям: вес при рождении (кг), вес при отъеме (кг) в 2 мес. и среднесуточный прирост веса животного со дня рождения до 2 месяцев (г). Все исследуемые животные были одного года рождения и содержались в одинаковых условиях.

Результаты и обсуждение. Результаты молекулярно-генетического анализа показали наличие полиморфизма CAST/MspI в породах овец советский меринос и сальская. Аллельные варианты CAST/MspI, представленные фрагментами 622 bp – аллель N и 336, 286 bp – аллель N, присутствовали в обеих исследованных породах овец (рис. 1).

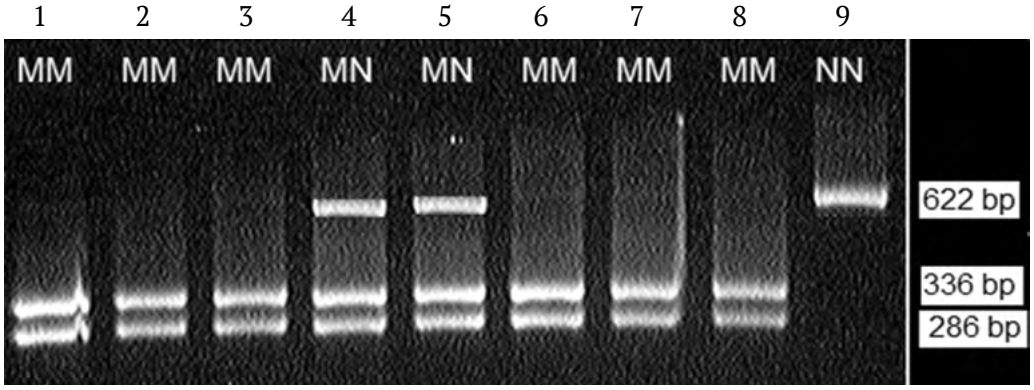


Рис. 1. Электрофореграмма результатов ПЦР-ПДРФ-анализа гена CAST по MspI у овец пород сальская (дорожки 1–4) и советский меринос (дорожки 5–9). Справа указаны размеры MspI-фрагментов гена

У овец породы советский меринос установлено наличие трех генотипов – MM, MN и NN с частотой 0,83; 0,11; 0,06 соответственно (табл. 1). У овец сальской породы установлено только два генотипа – MM и MN – с частотой 0,78 и 0,22 соответственно.

В целом в анализируемых породах овец наибольшую частоту имел аллель M и гомозиготный генотип MM. Гомозиготный генотип NN установлен только в породе советский меринос, но частота гетерозиготного генотипа MN в этой породе была намного меньше по сравнению с сальской породой.

Таблица 1. Частота аллелей и генотипов CAST/MspI у овец пород советский меринос и сальская

Breed	n	Allele freq.		Genotype freq.			Heterozygosity		χ^2
		M	N	MM	MN	NN	Ho	He	
Советский меринос	72	0,88	0,12	0,82	0,12	0,06	0,12	0,21	18,65*
Сальская	108	0,89	0,11	0,78	0,22	–	0,22	0,20	1,53

*Примечание. *p≤0,001.*

Проведение дальнейших исследований по изучению связи аллельных вариантов гена CAST с ростовыми признаками показало, что наличие аллельного варианта N (гетерозиготный генотип MN) у баранчиков сальской породы связано с большими среднесуточными приростами – на 16,3 г и большей массой при отъеме в 2 месяца – на 1,04 кг (табл. 2).

Таблица 2. Ростовые признаки овец сальской породы различных генотипов по гену CAST/MspI

Генотипы	Вес при рождении, кг	Вес при отъеме, кг	Среднесуточный прирост, г
MM (*n* = 84)	4,11 ± 0,07	22,19 ± 0,27	301,12 ± 5,79
NM (*n* = 24)	4,19 ± 0,18	23,23 ± 0,38*	317,43 ± 2,01**

Примечание. *p<0,05; **p<0,01.

В работе Tahmoorespour с соавт. [2005] был представлен положительный эффект гетерозиготного генотипа на среднесуточные приросты овец пород Kurdi и Baluchi. В нашем случае у овец сальской породы гетерозиготный генотип связан с лучшими среднесуточными приростами с рождения и до отъема в два месяца.

Таким образом, впервые получены результаты полиморфизма гена CAST/MspI в породах овец, разводимых в Ростовской области (Россия), и выявлены достоверные ассоциации между генотипами гена CAST и ростовыми признаками овец сальской породы. В анализируемой нами популяции овец породы советский меринос были установлены только два генотипа (MM и MN), отсутствие гомозиготного генотипа NN не позволило определить, что в данном случае является определяющим: эффект повышения среднесуточных приростов овец – наличие аллельного варианта N или же гетерозиготная комбинация аллелей M и N. Однако полученные результаты показали перспективность гена CAST/MspI в качестве маркера продуктивности овец, и дальнейшие исследования в данном направлении позволят достоверно оценить влияние аллельных вариантов гена на ростовые признаки овец и разработать селекционные программы по совершенствованию откормочных и мясных качеств овец с учетом полиморфизма гена CAST/MspI.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Колосов Ю.А., Широкова Н.В. Мясные качества чистопородных и помесных баранчиков разного происхождения // *Овцы, козы, шерстное дело*. 2012. № 3. С. 44–46.

Столповский Ю.А., Лапшин А.В., и др. Полиморфизм молекулярно-генетических маркеров у овец романовской породы // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2008. № 2. С. 131–136.

Сулимова Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения // *Успехи современной биологии*. 2004. Т. 124. № 3. С. 260–271.

Сулимова Г.Е., Федюнин А.А., и др. Оценка генетического потенциала отечественного скота по признакам высокого качества мяса на основе ДНК-маркерных систем // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2011. № 1. С. 62–64.

Asadi N., Nanekarani Sh., Khederzadeh S. Genotypic frequency of calpastatin gene in lori sheep by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PSR-RFLP) metod. *African Journal of Biotechnology*. 2014. Vol. 13. Iss. 19. P. 1952–1954.

Georgieva S., Hristova D., et al. Molecular analysis of ovine calpastatin (CAST) and myostatin (MSTN) genes in Synthetic Population Bulgarian Milk sheep using PCR-RFLP. *J. BioSci. Biotechnol*. 2015. Vol. 4. Iss. 1. P. 95–99.

Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Shirockova N.V. Sheep Breeding Resources in Rostov Region. *World Applied Sciences Journal*. 2013. Vol. 23. Iss. 10. P. 1322–1324.

Mihailov N.V., Getmantseva L.V. Association polymorphism in the POU1F1/MspI, PRLR/AluI и ESR1/PvuII gene with reproductive traits in Pigs. *European Applied Sciences*. 2013. Vol. 2. P. 7–10.

Palmer B.R., Roberts N., et al. Rapid Communication: PCR-RFLP for Mspi And Ncoi in the Ovine Calpastatin Gene. *J. Anim. Sci.* 1998. Vol. 76. P. 1499–1500.

Saleha Y., Alakilli M. Analysis of Polymorphism of Caplstatin and Callipyge Genes in Saudi Sheep Breeds Using PCR-RFLP Technique Int. *J. Pharm. Sci. Rev. Res*. 2015. Vol. 30(1). Iss. 60. P. 340–344.

Sato K. and Kawashima S. Calpain function in the modulation of signal transduction molecules. *Biol. Chem*. 2001. Vol. 382. Iss. 5. P. 743–751.

Sunilkumar M.A., et al. Molecular studies on meat quality gene in Bandur sheep. *Journal of Cell and Tissue Research.* 2014. Vol. 14. Iss. 1. P. 4049–4053.

Szkudlarek-Kowalczyk M., Wiśniewska E., Mroczkowski S. Polymorphisms of calpastatin gene in sheep. *Journal of Central European Agriculture*. 2011. Vol. 12. Iss. 3. P. 425–432.

Tahmoorespour M., Nassiry M.R., Javadmanesh A. Calpastatin gene polymorphism in Baluchi and Kurdi sheep by SSCP. *1st Agric. Biotech.Conf. Iran*. 2005. P. 512005.

Tohidi R., Elyasi G., et al. Molecular Analysis of Ovine Calpastatin Gene in Six Iranian Sheep Breeds Using PCR-RFLP. *J. Anim. Prod. Adv.* 2013. Vol. 3. Iss. 9. P. 271–277.

Yilmaz O., Sezenler T., et al. Polymorphism of the ovine calpastatin gene in some Turkish sheep breeds. *Turk J .Vet. Anim. Sci.* 2014. Vol. 38. P. 354–357.

БИОТЕХНОЛОГИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ РЕПРОДУКТИВНЫХ КЛЕТОК РЫБ

А.А. Красильникова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
alexandra.kras@yandex.ru

В настоящее время важнейшей задачей является сохранение генофонда редких и исчезающих популяций и видов рыб, особенно тех, которые представляют практический интерес для увеличения уловов рыб в естественных водоемах или для введения их в аквакультуру как перспективных объектов разведения. Возрастает актуальность разработки новых экономически эффективных биотехнологий для сохранения биологического разнообразия гидробионтов [Пономарева и др., 2016]. В соответствии с обязательствами России по выполнению Конвенции по биоразнообразию и другими международными актами по сохранению природы, а также Законом РФ «Об охране окружающей среды» необходимо усилить работу по сохранению биоразнообразия ихтиофауны и водных беспозвоночных в нашей стране. Работа рыбоводных заводов по воспроизводству естественных популяций затруднена из-за недостатка полноценных производителей рыб, особенно осетровых. Прогресс в области криобиологии, биологии развития, популяционной генетики и селекции рыб, а также в других областях науки позволяет приступить к созданию новых технологий аквакультуры, отличающихся более высокой экономической эффективностью и стабильностью. Важнейшим направлением этой деятельности являются вопросы формирования и содержания генофондных коллекций, как живых, так и сохраняемых в виде криоконсервированного репродуктивного материала, главным образом спермы.

В процессе низкотемпературного консервирования клетки подвергаются воздействию целого комплекса стрессовых факторов, которые вызывают структурные и функциональные изменения различных субклеточных систем. Данные процессы могут развиваться на этапе, предшествующем замораживанию, в зоне положительных температур, в присутствии криопротекторов, а также под влиянием охлаждения и/или отогрева [Красильникова, Тихомиров, 2014a].

Неотъемлемый этап технологического процесса низкотемпературного консервирования биологических объектов – фазовый переход «вода – лед» – обусловливает возникновение целой цепочки повреждающих факторов, к которым прежде всего следует отнести дегидратацию и внутриклеточную кристаллизацию. Оптимальная скорость охлаждения, специфичная для конкретного типа клеток, обеспечивает баланс трансмембранного массообмена «клетка – окружающая среда», в результате которого обезвоживание клеток, с одной стороны, является достаточным, чтобы исключить вероятность внутриклеточного льдообразования, а с другой стороны, не достигает критического уровня, чтобы привести к неизбежному повреждению клеток [Krasilnikova, Tikhomirov, 2014]. Существенную роль в этом процессе играют особенности строения плазматических мембран клеток, лимитирующих водный поток.

Одной из основных задач криобиологии является поиск методов искусственной защиты клеток от повреждений при замораживании-оттаивании. Однако в настоящее время недостаточно отработаны приемы предохранения клеток от токсического влияния криопротекторов проникающего действия на органеллы клеток в период эквилибрации. На сегодняшний день известно порядка ста различных веществ, обладающих криозащитным действием и апробированных на различных биологических объектах, однако наиболее детально изучены биологическое действие и криопротекторные свойства только нескольких десятков веществ, широко используемых в практике низкотемпературного консервирования [Тихомиров и др., 2011]. Криопротекторы, помимо защитного, оказывают также и токсическое действие на клетки, что является стрессовым фактором. Известно, что многие наиболее

часто используемые криопротекторы, такие как диметилсульфоксид (ДМСО), 1,2-пропандиол (1,2-ПД), глицерин (ГЛ), являются пертурбантами плазматических мембран и обладают способностью заменять гидратную воду, стабилизирующую конформацию белков, липидов и других биомолекул [Белоус, Грищенко, 1994]. Токсичность данных веществ рассматривается с точки зрения гипотезы денатурации белков, согласно которой криопротекторы связывают воду, препятствуя тем самым нормальной гидратации белков и других макромолекул [Кучков, Зинченко, 2010; Красильникова, Тихомиров, 2015].

В связи с этим нуждаются в пересмотре ряд установленных ранее положений, конкретизация которых может способствовать повышению выживаемости репродуктивных клеток рыб после двойного температурного шока и получению надежной технологии, пригодной для использования в промышленных масштабах.

Объектом исследования служили репродуктивные клетки самцов русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) и белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758), полученные в период нерестовой кампании.

Семенную жидкость собирали в стеклянные емкости, затем помещали их в сумку-холодильник и перевозили в лабораторию при температуре +4 °С, где осуществляли все операции. Определение качества спермы проводили визуально с использованием микроскопа и видеоокуляра с выходом на монитор компьютера. Сперму оценивали по внешнему виду (цвет, консистенция), время жизни устанавливали с помощью секундомера.

Низкотемпературное консервирование репродуктивных клеток самцов осетровых рыб проводили согласно стандартной методике [Красильникова, Тихомиров, 2014б]. Однако в криозащитной среде было скорректировано содержание диметилсульфоксида (для сперматозоидов белуги его количество составило 3 %, для русского осетра – 4 %), в зависимости от установленного ранее количества внутриклеточной воды в сперматозоидах [Красильникова, 2015]. Семенную жидкость смешивали с криозащитной средой, воздействовали низкочастотным электрическим прямоугольным раздражителем амплитудой 150 мВ и частотой 20 Гц в течение 1 минуты, затем замораживали. Размораживали ампулы в дистиллированной воде при температуре 38 °С. Отмывку от криопротектора осуществляли в физиологическом растворе с применением электростимуляции оболочек клеток сперматозоидов частотой 300 Гц. Выходным показателем являлось время жизни сперматозоидов после дефростации.

Время жизни спермиев белуги при замораживании в криозащитном растворе с уменьшенным количеством протектора проникающего действия увеличилось на 20 %. Аналогичные результаты получены при замораживании спермы русского осетра. Продолжительность жизни спермиев русского осетра, замороженных в криозащитном растворе, содержащем 4 % диметилсульфоксида, увеличилась на 47 % по сравнению с традиционным составом среды.

Таким образом, является целесообразным использование криозащитных веществ в строго дозированных соотношениях клетка – протектор, поскольку излишнее количество криопротектора как токсиканта негативно действует на качество сперматозоидов после двойного температурного шока. Уменьшение количества эндоцеллюлярного протектора в составе криозащитного раствора, необходимого для связывания внутриклеточной жидкости в половых клетках, повышает качество дефростированного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белоус А.М., Грищенко В.И. *Криобиология*. Киев: Наук. думка, 1994. 430 с.

Красильникова А.А. *Совершенствование процесса криоконсервации репродуктивных клеток самцов рыб:* автореф. дис. … канд. биол. наук: 06.04.01 / Астраханский государственный университет. Астрахань, 2015. 24 с.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Корреляция объемов эндоцеллюлярного протектора в криозащитных средах и внутриклеточной жидкости сперматозоидов осетровых рыб // *Естественные науки*. 2015. № 3 (52). С. 105–111.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Объем замораживаемого образца как один из факторов выживаемости сперматозоидов осетровых видов рыб при криоконсервации // *Естественные науки*. 2014б. № 2. С. 62–69.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Совершенствование криобиологических подходов с целью повышения резистентности сперматозоидов рыб при низкотемпературном консервировании // *Актуальные вопросы*

рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 1–3 октября 2014 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014а. С. 193–196.

Кучков В.Н., Зинченко В.Д. Активность воды как показатель связывания криопротектора с эритроцитами // *Доповіді Національної академії наук України*. 2010. № 10. С. 184–189.

Пономарева Е.Н., Красильникова А.А., и др. Новые биотехнологические методы криоконсервации репродуктивных клеток осетровых видов рыб // *Юг России: экология, развитие*. 2016. Т. 11. № 1. С. 59–68.

Тихомиров А.М., Богатырева М.М., Красильникова А.А. Разработка криозащитных сред для низкотемпературного консервирования сперматозоидов белорыбицы (*Stenodus leucichthys* Güldenstädti, 1772) в целях сохранения генофонда // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. *Серия Рыбное хозяйство*. 2011. № 1. С. 58–62.

Krasilnikova A.A., Tikhomirov A.M. Alternative methods of preparation of fish sperm to freeze at ultra-high values of cooling rate // *Вестник АГТУ. Серия Рыбное хозяйство*. 2014. № 2. С. 72–78.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ У ГИБРИДОВ РИСА ВТОРОГО-ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЙ

Е.Б. Кудашкина[1], П.И. Костылев[2]

[1] Донской государственный аграрный университет, г. Зерноград, Россия
[2] Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
p-kostylev@mail.ru

У растений риса длина стебля напрямую связана с устойчивостью к полеганию и в конечном счете влияет на урожай зерна. Сорта риса, выведенные в последние три десятилетия, имеют короткие и прочные стебли, что способствует высокой урожайности, устойчивости к болезням, хорошему качеству.

Формирование высоты растений зависит от генотипов риса и условий окружающей среды. Аддитивные и доминантные эффекты регулируют величину высоты растений на всех стадиях развития. При этом степень эффекта изменяется среди различных генотипов. Кроме того, аддитивный эффект более выражен, чем доминантный [Peng et al., 2009].

Более ранние исследования наследования высоты растений у риса в F_2 показали различные варианты расщепления гибридных популяций на коротко- и длинностебельные формы: как моногибридные с соотношением 3 : 1, так и типичные полигенные. Высокий и очень высокий рост обычно доминирует над низким и контролируется крупными генами. Кривые распределения частот высоты растений в F_2 часто показывали трансгрессивную сегрегацию, что позволяет отобрать растения с незначительными изменениями в высоте [Wahiduzzaman, Ahmad, 1980].

В наших предыдущих исследованиях было установлено, что признаки «высота растения» и «масса 1000 зерен» наследуются по типу доминирования больших значений признака при моно- и дигенных различиях между исходными формами [Костылев и др., 2015].

Цель работы – анализ расщепления гибридных форм риса F_2–F_3 по высоте растений.

Материалы и методы исследования. Гибриды от скрещивания солеустойчивых доноров IR 52713-2B-8-2B-1-2 (IR 52), IR 74099-3R-3-3 (IR 74), NSIC Rc 106 (NSIC), присланных из Агрогенетического института (Ханой, Вьетнам), со скороспелым краснодарским сортом Новатор получены во ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко в 2013 г. Гибридные растения F_2–F_3 выращивали на чеках ФГУП «Пролетарское» Ростовской области в 2014–2015 гг. Промеры растений проводили в фазу созревания. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ «Полиген А» и Excel пакета Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение. В селекционной работе большое значение имеет отбор лучших растений для пересева на будущий год. Поэтому немаловажными являются вопросы: насколько результативным является такой отбор и сохраняется ли на следующий год такая же величина проявления признака?

Наследуемость признака, определяемая по регрессии потомков на родителей, характеризует вклад генов в формирование его величины. Расчет наследуемости на основании регрессии потомков на родителей проводится по данным измерения родителей, а также средним признакам их потомков. Затем из произведений значений в каждой паре потомки – родители вычисляется ковариация. Регрессия значений признака у потомков на родительские значения признака равна наследуемости ($h^2 = b_{OP}$) [Рокицкий, 1974].

Проанализировав три гибрида по признаку «высота растений» путем сравнения F_2 и средних значений семей F_3, было установлено, что они значительно различаются между поколениями и редко совпадают (рис. 1–3). Это связано со средней корреляцией между величинами 2-го и 3-го поколений: у IR 52 × Новатор r = 0,348, IR 74 × Новатор r = 0,548 и NSIC × Новатор r = 0,615.

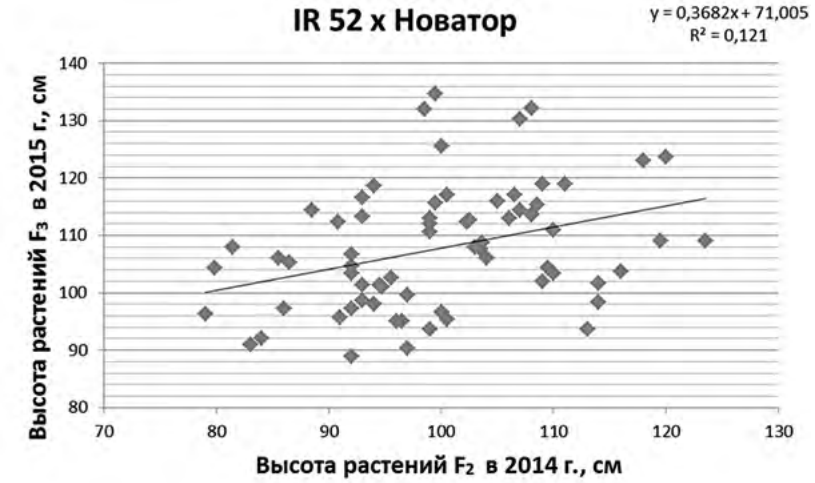


Рис. 1. Сравнение гибридов F_2 и F_3 IR 52 × Новатор по высоте растений

Наследуемость изученного признака низкая: у IR 52 × Новатор h^2 = 0,368, IR 74 × Новатор h^2 = 0,548 и NSIC × Новатор h^2 = 0,662.

Очень часто из среднерослых форм вырастали семьи с более низкими и высокими растениями (в среднем по группе). Например, из семян растений высотой около 100 см вырастали расщепляющиеся популяции со средними величинами от 90 до 135 см. При этом внутри некоторых семей разница между минимальной и максимальной высотой достигала 86 см (от 75 до 161 см). Это свидетельствует о том, что отбор растений с нужным проявлением признака из F_2 малоэффективен, поэтому необходимо делать его из старших поколений, в которых появятся интересные в селекционном плане гомозиготные формы.

Лучшие формы гибридов, имеющие оптимальную высоту растений, высокую кустистость и массу зерна с метелки, отобраны для дальнейшей селекционной работы (табл. 1). Они были среднеспелыми и хорошо вызревали к началу сентября. Высота растений была близка к таковой родительского сорта Новатор, но длина метелки и масса зерна с нее значительно превосходили. Самая тяжелая метелка формировалась у линии 195 (IR 52 × Новатор) – 8,65 г и линии 142 (NSIC × Новатор) – 6,82 г.

При этом отобранные линии характеризовались повышенной кустистостью, от 3 до 10 продуктивных побегов на растении. Они используются в селекционном процессе для выведения новых сортов риса, адаптированных к условиям Ростовской области.

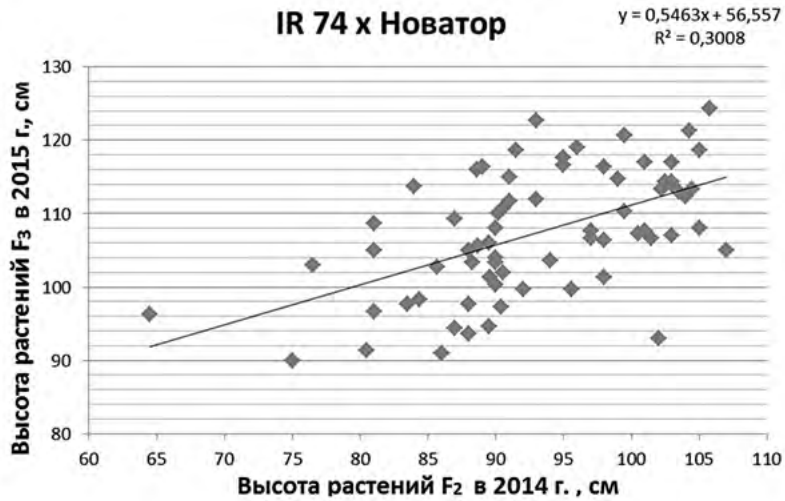


Рис. 2. Сравнение гибридов F_2 и F_3 IR 74 × Новатор по высоте растений

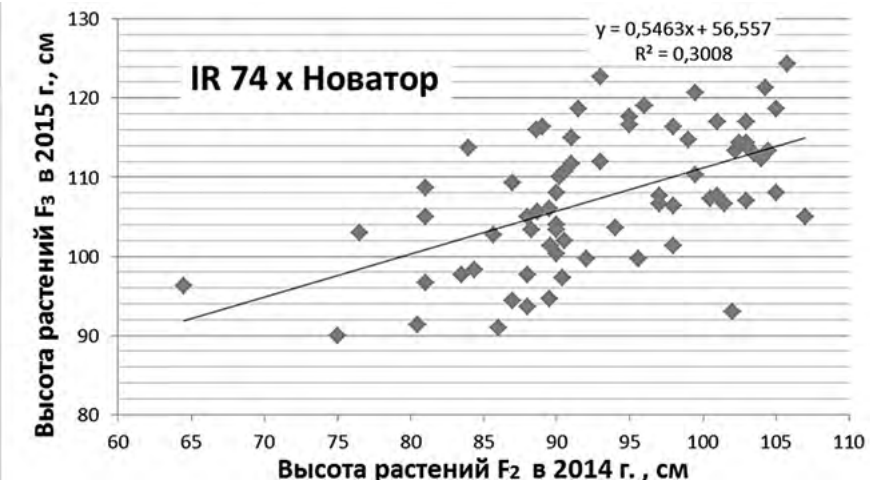


Рис. 3. Сравнение гибридов F_2 и F_3 NSIC × Новатор по высоте растений

Таблица 1. Выделившиеся формы риса F_3

Линия	Высота растений, см	Кустистость, шт.	Длина метелки, см	Масса зерна с метелки, г
Новатор, стандарт	90,1	1	14,8	2,50
80 (IR 52 × Новатор)	96,3	6	15,9	3,98
140 (IR 52 × Новатор)	103,5	4	17,5	4,96
195 (IR 52 × Новатор)	105,1	3	18,8	8,65
319 (IR 74 × Новатор)	111,7	6	16,0	4,82
347 (IR 74 × Новатор)	94,7	6	14,9	4,98
362 (IR 74 × Новатор)	112,0	10	18,0	4,93
142 (NSIC × Новатор)	106,7	6	19,6	6,82
220 (NSIC × Новатор)	105,5	10	18,4	4,46
264 (NSIC × Новатор)	94,8	6	17,0	4,55

Выводы. Высота растений F_2 и средние значения семей F_3 значительно различаются между поколениями и редко совпадают, что связано со средней величиной корреляций между поколениями (r = 0,348–0,615).

Наследуемость признака «высота растений» составила: у IR 52 × Новатор h^2 = 0,368, IR 74 × Новатор h^2 = 0,548 и NSIC × Новатор h^2 = 0,662.

Для дальнейшей селекционной работы отобраны лучшие формы гибридов, имеющие оптимальную высоту растений (94–112 см), высокую кустистость (до 10 побегов) и массу зерна с метелки (3,98–8,65 г).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Костылев П.И., Кудашкина Е.Б., и др. Наследование ряда количественных признаков у гибрида между сортами NSIC Rc 106 и Новатор // *Труды КубГАУ*. 2015. № 56. С. 106–111.

Рокицкий П.Ф. *Введение в статистическую генетику*. Минск: Вышейшая школа, 1974. 446 с.

Peng T., Zhong B., et. al. Developmental genetics analysis for plant height in indica hybrid rice across environments. *Rice Science*. 2009. Vol. 16. Iss. 2. P. 111–118.

Wahiduzzaman M., Ahmad M.S. Inheritance of plant height in seven crosses of rice. *Cereal Research Communications*. 1980. Vol. 8. No 3. P. 527–532.

СПОСОБ СОДЕРЖАНИЯ МАТОЧНОГО СТАДА АФРИКАНСКОГО СОМА СОВМЕСТНО С АКВАПОННЫМИ РАСТЕНИЯМИ В БАССЕЙНАХ УЗВ

А.А. Кузов, А.В. Фирсова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
anton-kuzov@yandex.ru, firsik1991@mail.ru

Выращивание рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения – это сложный с биологической точки зрения и насыщенный с технологической точки зрения процесс, в котором выращиваемые организмы находятся в полностью искусственных условиях содержания. Современные комбикорма позволяют достаточно успешно выращивать в таких системах товарную рыбу. Однако, используя рыбоводные установки с замкнутым циклом водообеспечения, необходимо строго соблюдать биотехнику искусственного воспроизводства и выращивания рыбы. Наиболее отработаны технологии выращивания осетровых, карпа, форели. Наши исследования показали, что весьма перспективным объектом для промышленного выращивания является клариевый сом [Кузов и др., 2016].

Для эффективного содержания маточного стада клариевого сома и аквапонных растений в бассейнах УЗВ необходимо было предварительно определить наиболее оптимальные плотности посадки рыб, что и явилось целью данных исследований.

Работы проводили на научно-экспедиционной базе Южного научного центра РАН в экспериментальной модульной установке с использованием оборотной воды. Объектом исследований служил африканский клариевый сом (Clarias gariepinus). В качестве аквапонных растений использовали салат, лук и петрушку. Исследовали 4 варианта плотности посадки клариевого сома: 50, 100, 150 и 200 кг/м^3.

Гидрохимический режим в бассейнах является основополагающим фактором, оказывающим существенное влияние на результаты содержания ремонтно-маточного стада африканского сома совместно с аквапонными растениями. На протяжении всего эксперимента качество воды соответствовало технологическим нормативам выращивания рыбы и растений (аммоний – до 4 мг/л, нитриты – 0,1–0,2 мг/л, нитраты – 60–80 мг/л). Температуру воды поддерживали на уровне 24–25 °С. Значение pH 6,8–7,2, концентрация кислорода составила 0,5–6 мг/л в зависимости от плотности посадки и времени суток. Для клариевого сома низкий показатель растворенного кислорода не является лимитирующим, так как эта рыба способна жить в воде с нулевой концентрацией кислорода [Ковалев, 2006]. Скорость течения воды в рыбоводных емкостях не превышала 0,1–1,5 м/с (табл. 1). Рыбу кормили продукционным осетровым кормом Biomar Efico Sigma 841 6,5 mm.

Таблица 1. Биотехнологические показатели выращивания клариевого сома

Показатели	Ед. изм.	Варианты опыта			
		1	2	3	4
Плотность посадки	кг/м^3	50	100	150	200
Масса начальная (m_0)	г	400,9±42	460,9±47	500,9±47	600,2±50
Масса конечная	г	760,3±70	897,4±80	1050,6±100	1296,4±120
Продолжительность выращивания	сут	60	60	60	60

Окончание таблицы 1

Общий прирост	г	359,4±35	436,5±40	549,7±50	696,2±70
	% от m_0	90	95	110	116
Суточный рацион	%	2,5	2,5	2,5	2,5
Выживаемость	%	95	90	90	90
Уровень воды	м	0,7–0,8	0,7–0,8	0,7–0,8	0,7–0,8
Водообмен	*V*/час	0,8–1,0	0,8–1,0	0,8–1,0	0,8–1,0

В результате эксперимента выявили, что темп роста сома напрямую связан с плотностью посадки. Наиболее интенсивно рыба росла в 3-м и 4-м вариантах опыта, при этом общий прирост составил 549,7 ± 50 г и 696,2 ± 70 г соответственно. То есть за период проведения эксперимента рыба в данных бассейнах выросла более чем в 2 раза. Медленнее всего рыба росла в первом варианте опыта при плотности 50 кг/м^3. Среднесуточный прирост рыбы достигал 7–8 г, что превышает скорость роста таких традиционных объектов аквакультуры, как форель и осетровые.

Эффективность использования корма при разных плотностях посадки оценивали по затратам корма на прирост массы рыб. Существенных различий по этому показателю по вариантам опыта не выявлено. Для обеспечения экологической комфортности выращивания рыб в бассейны была установлена RAFT-система с высаженными в нее аквапонными растениями, которая послужила естественным источником тени и дополнительным источником фитоочистки. В ходе наблюдений, продолжающихся на протяжении 2 месяцев, было выявлено, что растения салата, репчатый лук и петрушка хорошо растут в условиях аквакомплекса, при условии безопасности для рыбы. Так, средняя скорость созревания салата (от посева до сбора урожая) – 40–45 дней, репчатого лука – 21–30 дней, а петрушки – 65–80 дней. Эти показатели выше, чем в открытом грунте. Наибольшей индивидуальной массы сомы достигли в четвертом варианте – 1300 г. Большей индивидуальной массе соответствовал наибольший показатель выхода рыбопродукции из бассейна.

Таким образом, способ содержания маточного стада африканского сома совместно с аквапонными растениями в бассейнах УЗВ показал, что клариевый сом обладает высоким потенциалом роста, эффективно использует корм. Наибольшие кормозатраты оказались в группе рыб, выращенных в бассейне с наименьшей плотностью посадки, а наименьшие затраты корма в варианте № 4 – с наиболее высокой плотностью посадки рыб. Наилучшие рыбоводные показатели (индивидуальная масса, выход продукции в кг/м^3, затраты корма) были получены при высоких плотностях посадки – до 200 кг/м^3. Также было установлено, что аквапонные растения, выращенные в бассейнах с максимальной плотностью посадки рыбы, росли лучше. Это связано с наибольшей биомассой рыбы в бассейне и, как следствие, с высоким содержанием органических соединений. За счет интенсивного роста растений в большей степени происходила фитоочистка воды в бассейне, лучшими были показатели гидрохимии, скорости роста рыбы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ковалёв К.В. *Технологические аспекты выращивания клариевого сома* (*Ciarías gariepinus*) *в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения* (*УЗВ*): дис. … канд. с.-х. наук. М., 2006. 132 с.

Кузов А.А., Сорокина М.Н., и др. Совместное выращивание африканского сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) и овощных сельскохозяйственных культур в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) // *Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени:* мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. (Москва, ВВЦ, 21–22 января 2016 г.). М.: ФГБНУ ВНИИР; Изд-во «Перо», 2016. С. 202–206. [Электронный ресурс]. 1 CD-ROM.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА УРОВЕНЬ МУТАГЕНЕЗА БАКТЕРИЙ

М.С. Мазанко, Е.В. Празднова, В.Н. Буруян, В.А. Чистяков

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
Mary.bio@list.ru

Исследования, направленные на определение степени мутагенности различных веществ, ведутся постоянно. В качестве тест-объектов используются в том числе и бактерии. Во многих методиках определения частоты появления мутантных клеток присутствует фаза инкубации культуры клеток с веществом-мутагеном.

Нашей задачей стало определить, как изменяется частота появления мутантов во времени и какой срок инкубации культуры с исследуемым веществом является оптимальным.

Материалы и методы

Штаммы микроорганизмов. Для исследования индуцированного мутагенеза был использован штамм *Escherichia coli* MG 1655.

Определение параметров спонтанного и индуцированного мутагенеза. Ночную культуру *E. coli* MG 1655 разводили до концентрации 1 единица Мак-Фарланда ($36 \cdot 10^8$ КОЕ), затем 5 мкл суспензии вносили в 5 мл среды LB без добавления антибиотика (контроль) либо с внесением раствора ципрофлоксацина до концентрации 0,1 мкг/мл. В этой концентрации ципрофлоксацин является индуктором SOS-ответа у бактерий [Varhimo et al., 2008; Pourahmad Jaktaji et al., 2016]. Инкубировали при 37 °C в течение 24, 48 либо 72 часов.

Через указанное выше время из полученной суспензии клеток готовили ряд последовательных разведений культуры в физрастворе 1 : 10.

Проводили поверхностный посев 100 мкл культуры на чашки с агаризованной LB с добавлением и без добавления рифампицина в концентрации 70 мкг/мл, согласно стандартной методике [Abilev et al., 1978]. Использовали по 4 чашки. Подсчет колоний на среде без антибиотика производили через 2 суток, на среде с рифампицином – через 7 суток.

Выживаемость считали по формуле:

$$\text{выживаемость, \%} = n_{\text{опыт}}/n_{\text{контроль}} \cdot 100\ \%,$$

где $n_{\text{опыт}}$ – число колоний после инкубирования с индуктором, $n_{\text{контроль}}$ – число колоний после инкубирования без индуктора.

Частоту мутантов считали по формуле:

$$\text{частота} = n_{\text{опыт}}/n_{\text{контроль}},$$

где $n_{\text{опыт}}$ – число колоний на среде с антибиотиком, $n_{\text{контроль}}$ – число колоний на среде без антибиотика.

Достоверность мутагенного эффекта оценивали по статистической значимости различий (t-тест $p<0,05$) по числу колоний между опытом и контролем с учетом разведения.

Результаты и обсуждение

Через 24 часа после внесения клеток в питательную среду обе культуры клеток находились в фазе экспоненциального роста. За это время в культуре, растущей в среде без антибиотика, количество клеток увеличилось в почти в 100 раз: с $3,6 \cdot 10^6$ КОЕ/мл (концентрация клеток сразу после внесения) до $3,1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. В среде с добавлением ципрофлоксацина количество клеток увеличилось менее чем в 10 раз, до $2,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. Клеточный рост шел значительно медленнее, поскольку культура находилась в стрессовых условиях, обусловленных влиянием антибиотика. Выживаемость клеток относительно контроля составила 7 %.

Через 48 часов после внесения культур в среду обе культуры находились в стационарной фазе. За 24 часа количество КОЕ возросло в два раза относительно первых суток в среде без антибиотика (до $7 \cdot 10^8$ КОЕ/мл), в полтора раза – в среде с ципрофлоксацином (до $3{,}6 \cdot 10^7$ КОЕ/мл). Уменьшение разницы между скоростью роста культуры на среде с антибиотиком и без антибиотика на вторые сутки можно объяснить тем, что в культуре с ципрофлоксацином выделяется группа клеток, в большей степени устойчивых к стрессовым факторам, а значит, растущих и делящихся быстрее.

Через 72 часа культура переходит к фазе отмирания, количество КОЕ снижается до $3{,}8 \cdot 10^7$ КОЕ/мл в культуре, растущей на среде без антибиотика, и до $1{,}3 \cdot 10^6$ КОЕ/мл в культуре, растущей на среде с добавлением ципрофлоксацина. Выживаемость клеток второй культуры составляет всего 3 %.

Что же происходит с частотой образования мутаций устойчивости к рифампицину? Согласно данным литературы, резистентность к рифампицину достигается за счет содержания в мутантной клетке модифицированной РНК-полимеразы. Устойчивость достигается исключительно за счет модификации бета-субъединицы полимеразы [Somoskovi et al., 2001].

Таблица 1. Частота появления устойчивых к рифампицину клеток в зависимости от времени инкубации культуры

Время инкубации	Выживаемость					Мутагенез					
						Спонтанный			Индуцированный		
	Разведение, контроль	Разведение, опыт	Среднее число колоний на чашке, контроль	Среднее число колоний на чашке, опыт	Выживаемость, %	Разведение, контроль	Среднее число колоний на чашке, контроль	Частота спонтанных мутантов	Разведение, опыт	Среднее число колоний на чашке, опыт при внесении антибиотика	Частота индуцированных мутантов
Частота образования мутантов, устойчивых к рифампицину											
24 часа	10^{-5}	10^{-5}	311±23,2	22±0,6	7	10^{-1}	96± 10,2	$3{,}09 \cdot 10^{-5}$	1	102±2,3	$4{,}6 \cdot 10^{-5}$
48 часов	10^{-5}	10^{-5}	701±12,6	36±1,5	5	10^{-1}	228±14,2	$3{,}2 \cdot 10^{-5}$	1	241±28,2	$6{,}7 \cdot 10^{-5}$
72 часа	10^{-5}	10^{-5}	384±13,4	13±1,4	3	10^{-1}	124±6,4	$3{,}2 \cdot 10^{-5}$	1	69±3,8	$5{,}3 \cdot 10^{-5}$

Частота спонтанных мутантов к рифампицину в культуре без антибиотика составляла в среднем $3{,}2 \cdot 10^{-5}$ клеток. Достоверных различий между посевами в разные дни обнаружено не было (табл. 1).

В культуре, находящейся под действием мутагена, частота устойчивых клеток возросла по сравнению с контролем и в первые сутки составила $4{,}6 \cdot 10^{-5}$ клеток ($p<0{,}05$). Так как ципрофлоксацин продолжал находиться в среде и действовать как мутаген, на вторые сутки различия между количеством мутантных клеток в культурах возрастало: частота появления устойчивых клеток под действием ципрофлоксацина возросла до $6{,}7 \cdot 10^{-5}$ клеток ($p<0{,}05$). На третьи сутки частота мутантных клеток снизилась до $5{,}3 \cdot 10^{-5}$ клеток ($p<0{,}05$), оставаясь выше, чем в контрольной культуре.

Снижение частоты устойчивых мутантов к третьим суткам объясняется тем, что в фазу отмирания первыми погибают клетки с мутациями, в том числе мутациями устойчивости к рифампицину: бóльшая часть мутантов, выделенных нами, обладала слабой жизнеспособностью и низкой скоростью роста.

Из сказанного выше следует, что наиболее ярко действие вещества-мутагена наблюдается в стационарной фазе, когда клетки уже закончили активно делиться, но отмирание культуры еще не началось. Это можно объяснить тем, что большая часть появления мутаций

приходится на период деления клеток [Абилев, Глазер, 2015], а значит, чем большее количество делений произошло, тем сильнее заметны различия между контролем и действием мутагена.

Вывод: для оценки мутагенной активности веществ на бактерии следует инкубировать бактериальные культуры до вступления в стационарную фазу роста. В этом случае эффект вещества-мутагена будет проявлен ярче всего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абилев С.К., Глазер В.М. *Мутагенез с основами генотоксикологии*. М.; СПб.: Нестор-История, 2015. 304 с.

Abilev S.K., Surajkina T.I., Fonshtejn L.M. Study inactivating and mutagenic action of dioxidine to extracellular bacteriophage T4 and indicator strains of *Escherichia coli*. *Him. farm. zhurnal*. 1978. No 10. P. 18–22.

Pourahmad Jaktaji R., Pasand S. Overexpression of SOS genes in ciprofloxacin resistant Escherichia coli mutants. *Gene*. 2016. P. 115–118. doi: 10.1016/j.gene.2015.09.069

Somoskovi A., Parsons L.M., Salfinger M. The molecular basis of resistance to isoniazid, rifampin, and pyrazinamide in *Mycobacterium tuberculosis*. *Respir Res*. 2001. Vol. 2. No 3. P. 164–168.

Varhimo E., Savijoki K., et al. Ciprofloxacin induces mutagenesis to antibiotic resistance independent of UmuC in *Streptococcus uberis*. *Environ Microbiol*. 2008. P. 2179–2183. doi: 10.1111/j.1462-2920.2008.01634.x

ИССЛЕДОВАНИЕ ХЛОРОПЛАСТНОГО И МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ГЕНОМОВ У ВНЕЯДЕРНОГО ХЛОРОФИЛЬНОГО МУТАНТА ПОДСОЛНЕЧНИКА en:chlorina-7

М.С. Макаренко[1], А.В. Усатов[1], Н.В. Маркин[1], М.Д. Логачева[2], Т.В. Шамова[1]

[1] Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
mcmakarenko@yandex.ru

Признаки растений формируются в результате скоординированного взаимодействия трех геномов – ядерного, пластидного и митохондриального. Несмотря на ограниченную информационную емкость внеядерных геномов, изменчивость ДНК пластид и митохондрий является значимым фактором в эволюции и адаптации растительных организмов.

Фотосинтез является сложным, полигенно-контролируемым процессом, требующим координации всех трех растительных геномов. Так, большинство ассоциированных с фотосинтезом белков, включая хлорофилл-связывающие белки светособирающих комплексов, часть белков реакционных центров фотосистем (ФС) I и II и все ферменты цепи биосинтеза тетрапирролов, кодируются ядерным геномом и синтезируются в цитоплазме клетки [Rassadina et al., 2005]. Пластидный геном также кодирует ряд ключевых белков фотосинтеза: 7 белков комплекса ФС1 и 15 – ФС2, 11 белков комплекса цитохром b/f, АТФ-синтазы и большую субъединицу рибулозобисфосфаткарбоксилаза/оксигеназа [Pessarakli, 2016]. Тесное взаимодействие митохондрий и хлоропластов наблюдается в процессах фотодыхания и метаболизма гликолевой кислоты, в связи с этим митохондриальный геном также может участвовать в регуляции фотосинтеза [Juszczuk et al., 2007]. Уникальная коллекция внеядерных мутантов подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) с разной степенью выраженности хлорофильных дефектов, созданная в Южном федеральном университете, является хорошей моделью для изучения различных аспектов ядерно-цитоплазматических взаимоотношений, и в частности роли цитогенов в таком комплексном процессе, как фотосинтез.

В настоящей работе проведено исследование полной последовательности геномов пластид и митохондрий у хлорофилл-дефицитного мутанта en:chlorina-7 с внеядерным типом наследования.

Объектами исследования служили растения подсолнечника (*Helianthus annuus*): исходной линии 3629 и внеядерного хлорофильного мутанта en:chlorina-7, полученного из исходной линии с помощью индуцированного *N-нитрозо-N-метилмочевиной* мутагенеза. Способ получения мутанта описан ранее [Usatov et al., 2004]. Содержание хлорофиллов (Хл) a и b определяли спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах листьев среднего яруса, отобранных в фазу бутонизации.

ДНК выделяли из гомогената листьев подсолнечника, обогащенного фракцией хлоропластной ДНК (хлДНК) и митохондриальной ДНК (мтДНК), согласно разработанной ранее методике [Makarenko et al., 2016]. Используя набор NEBNext Ultra DNA Library Prep Kit (New England Biolabs, Великобритания), получали NGS библиотеки. Методом высокопроизводительного параллельного секвенирования с применением прибора HiSeq 2000 (Illumina, США) были получены парные риды длиной 100 п.н. Полученные в результате секвенирования парные риды картировали на референсные геномы полсолнечника, взятые из банка данных NCBI (NC_023337.1, NC_007977.1), с помощью программы Bowtie2.

Фенотипическим проявлением мутации en:chlorina-7 является желто-зеленая окраска листьев, вызванная дефицитом хлорофиллов (табл. 1).

Таблица 1. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях подсолнечника

Линия	Хл. *a*, мг/г сухого веса	Хл. *b*, мг/г сухого веса	Хл *a*/*b*
3629	7,13±0,15	1,72±0,09	4,14
en:chlorina-7	5,2±0,47	1,18±0,14	4,41

Хлоропластный геном мутанта en:chlorina-7 по сравнению с геномом исходной линии 3629 не имел крупных перестроек и содержал только однонуклеотидные замены, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Локализация мутаций в хлоропластном геноме *Helianthus annuus*

Референсная позиция	Линия 3629	en:chlorina-7	Локализация SNP
13467	C	T	rpoB (Ser138Leu)
39945	G	A	psaA (Thr528Ile)
69191	C	T	межгенная rps12-clpP
72247	C	T	psbB (His157Tyr)
77386	G	A	rpoA
78641	C	T	rps11
110809	G	A	ycf1

Всего в хлоропластном геноме выявлено 7 полиморфных сайтов. Одна мутация имела межгенную локализацию – rps12-clpP, остальные 6 SNP относились к кодирующей ДНК. В генах rpoA, rps11, ycf1 замены оказались синонимичными. Были установлены и несинонимичные замены в генах: rpoB (Ser138Leu), psaA (Thr528Ile), psbB (His157Tyr). В митохондриальном геноме была обнаружена лишь одна замена цитозина на тимин в 211872 положении. Данная мутация локализована в межгенном регионе atp1-ccmFn. Интересно отметить семикратное увеличение числа SNP в хлДНК по сравнению с мтДНК, при том что размер митохондриального генома примерно в два раза превышает размер хлоропластного генома. С одной стороны, данный факт может свидетельствовать о более специфичном воздействии мутагена именно на хлДНК. С другой стороны – о более высокой степени консервативности нуклеотидной последовательности митохондриального генома.

Вероятнее всего, мутантный фенотип связан с несинонимичными заменами. Учитывая, что хлоропластные гены довольно консервативны, мы провели поиск коротких нуклеотидных последовательностей, содержащих SNP, характерные для мутантного фенотипа, в базе данных NCBI. При анализе трех типов несинонимичных мутаций было установлено, что SNP в гене rpoB (Ser138Leu) – довольно распространенный полиморфизм, представленный в базе данных NCBI у более 20 видов растений без хлорофилльных дефектов, т.е. с нормальным фенотипом. Следовательно, мутация в гене rpoB скорее не связана с дефицитом хлорофилла. Гены psaA и psbB кодируют белки, входящие в реакционный центр фотосистемы I и внутренней антенны реакционного центра фотосистемы II соответственно. Эти белки являются необходимыми компонентами для функционирования фотосистем [Bock, 2007], и изменения их структуры могут быть причиной сниженного содержания хлорофиллов у внеядерного мутанта en:chlorina-7. Более глубокое изучение влияния локализованных нами мутаций в генах psaA и psbB на активность системы биосинтеза хлорофилла представляет несомненный интерес и станет дальнейшей целью нашей работы.

Таким образом, были получены и проанализированы полные нуклеотидные последовательности хлоропластных и митохондриальных геномов мутантной линий подсолнечника

en:chlorina-7. В хлоропластном геноме хлорофилл-дефицитного мутанта были локализованы полиморфные сайты, в том числе в генах psaA, psbB, ассоциированные с мутантным фенотипом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Bock R. *Cell and Molecular Biology of Plastids R. Bock*. Springer. 2007. P. 524.

Juszczuk I.M., Flexas J., et al. Effect of mitochondrial genome rearrangement on respiratory activity, photosynthesis, photorespiration and energy status of MSC16 cucumber (*Cucumis sativus*) mutant. *Physiologia Plantarum*. 2007. Vol. 131. No 4. P. 527–541.

Makarenko M.S., Usatov A.V. et al. Comparative Genomics of Domesticated and Wild Sunflower: Complete Chloroplast and Mitochondrial Genomes. *OnLine Journal of Biological Sciences.* 2016. Vol. 16. No 1. P. 71–75.

Pessarakli M. *Handbook of Photosynthesis*. Third Edition. CRC Press. 2016. 846 p.

Rassadina V.V., Usatov A.V.,et al. Activity of the System for Chlorophyll Biosynthesis and Structural and Functional Organization of Chloroplasts in a Plastome en:chlorina-5 Sunflower Mutant. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2005. Vol. 52. No 5. P. 606–615.

Usatov A.V., Razoriteleva E.K., et al. Spontaneous and Nitrosomethylurea-Induced Reversions in Plastome Chlorophyll Mutants of Sunflower *Helianthus annuus* L. *Russian Journal of Genetics*. 2004. Vol. 40. No 2. P. 186–192.

ЧАСТОТА ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА -1607insG ГЕНА MMP1 В ТКАНЯХ МАТЕРИНСКОГО И ЗАРОДЫШЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ НЕВЫНАШИВАНИИ БЕРЕМЕННОСТИ

Т.А. Мараховская

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета
г. Ростов-на-Дону, Россия
tmarakhovskaya@mail.ru

Матриксные металлопротеиназы играют важную роль в таких биологических процессах, как эмбриогенез, ангиогенез, ремоделирование и репарация тканей, апоптоз и др. [Рыжакова и др., 2013]. Особая роль отводится MMP1, MMP2, MMP3 и MMP9, регулирующим поведение трофобласта и способствующим имплантации бластоцисты [Pereza et al., 2012; Palei et al., 2012]. Инвазия трофобласта – сложный многоэтапный процесс, и любые его самые незначительные нарушения могут привести к патологии беременности.

MMP-1 – первый тканевый фермент, гидролизующий спиральную область коллагена, был обнаружен в 1962 г. в хвосте головастика в период метаморфоза [Koizumi et al., 2010]. Интерстициальная коллагеназа (MMP-1) специфически гидролизует фибриллярные коллагены I, II, III, V и X типов, что впоследствии приводит к разрыву плодных оболочек. Показано, что MMP1 экспрессируется в бластоцисте мышей, присутствует в плодных оболочках человека перед, во время и после родов. Локализуется MMP1 во внеклеточном матриксе амниона и хориона, амниотическом эпителии [Кореновский и др., 2012]. Дополнительный гуанин в положении -1607 гена MMP1 создает сайт связывания транскрипционного фактора ETS-1, что приводит к увеличению уровня транскрипции гена [Langer et al., 2011]. Нарушение баланса экспрессии данного гена может привести к нарушению процесса плацентации, и как следствие – потере беременности.

Целью данной работы явился анализ ассоциации полиморфизма гена металлопротеиназы 1 -1607insG (rs1799750) MMP1 с невынашиванием беременности в I триместре.

Для молекулярно-генетического анализа использовали образцы ДНК, выделенной из лейкоцитов периферической крови 149 женщин с невынашиванием беременности в первом триместре. В контрольную группу вошли 145 женщин с физиологически протекающей беременностью, у которых в анамнезе отсутствовали спонтанный аборт и/или неразвивающаяся беременность. Также были исследованы генотипы 62 образцов хорионической ткани. Контрольную группу составили 27 образцов хориона, полученных после медицинского аборта, выполненного по социальным причинам. Группу сравнения составили 35 образцов хорионической ткани, полученных после спонтанного аборта на сроке 5–10 недель гестации.

Результаты анализа частот генотипов и аллелей у женщин с невынашиванием беременности показаны в таблице 1. Распределение частот генотипов и аллелей в лейкоцитах периферической крови по исследованному полиморфизму в обеих группах женщин соответствует равновесию Харди – Вайнберга. Частота аллеля -1607GG составила более 50 % в контрольной группе и группе сравнения. Среди женщин обеих групп преобладают гетерозиготы по инсерции, 46,9 % в контроле и 51,7 % среди женщин с нарушением течения беременности в первом триместре. Статистически значимых различий между двумя группами не выявлено ($p = 0,64$).

Данные частот генотипов и аллелей образцов хорионической ткани показаны в таблице 2. В контрольной группе и группе сравнения преобладают гетерозиготы по исследуемому полиморфизму: частота данного генотипа составила 59,3 % и 65,7 % соответственно. Доля

гомозигот по инсерции гуанина в промоторном участке гена MMP1 составляет 20 % среди образцов хориона при невынашивании беременности и 29,6 % в контроле. В группе с невынашиванием беременности в первом триместре характер распределения частот генотипов и аллелей соответствует контрольной группе. Различий между двумя группами не выявлено (p = 0,67).

Таблица 1. Частота аллелей и генотипов (абс., %) по полиморфному варианту -1607insG гена MMP1 в клетках крови женщин с невынашиванием беременности

Генотип, аллель	Контроль	НБ	χ^2 (P)
G/G	35 (24,1)	30 (20,1)	0,89 (0,64)
G/GG	68 (46,9)	77 (51,7)	
GG/GG	42 (29,0)	42 (28,2)	
Аллель -1607GG	0,524	0,540	0,15 (0,7)

Примечание. НБ – невынашивание беременности; χ^2 – сравнение частот генотипов и аллелей с контролем.

Таблица 2. Частота аллелей и генотипов (абс., %) по полиморфному варианту -1607insG гена MMP1 в клетках хорионической ткани

Генотип, аллель	Контроль	НБ	χ^2 (P)
G/G	3 (11,1)	5 (14,3)	0,8 (0,67)
G/GG	16 (59,3)	23 (65,7)	
GG/GG	8 (29,6)	7 (20,0)	
Аллель -1607GG	0,593	0,529	0,51 (0,48)

Примечание. НБ – невынашивание беременности; χ^2 – сравнение частот генотипов и аллелей с контролем.

Распределение частот генотипов и аллелей по полиморфизму -1607insG гена MMP1 в клетках зародышевого происхождения не отличается от такового для клеток крови беременных женщин (p = 0,32).

Таким образом, нами не было выявлено ассоциации между полиморфизмом -1607insG гена MMP1 с нарушением течения беременности в первом триместре.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект 6.98.2014/К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кореновский Ю.В., Синельникова Л.М., и др. Матриксные металлопротеиназы и тканевые ингибиторы матриксных металлопротеиназ при беременности и родах // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2012. № 5 (87). С. 146–149.

Рыжакова О.С., Завалишина Н.Э., и др. Интерстициальная коллагеназа, желатиназы А и В и их эндогенные ингибиторы при плоскоклеточной карциноме шейки матки // *Биомедицинская химия*. 2013. Т. 59. Вып. 1. С. 55–64.

Koizumi M., Momoeda M., at al. Inhibition of proteases involved in embryo implantation by cholesterol sulfate. *Hum Reprod*. 2010. Vol. 25. Iss. 1. P. 192–197.

Langer A.M.J., Verspaget H.W., et al. Single-nucleotide polymorphisms of matrix metalloproteinases and their inhibitors in gastrointestinal cancer. *World J. Gastrointest Oncol*. 2011. Vol. 3. Iss. 6. P. 79–98.

Palei A.C., Sandrim V.C., et al. Effects of matrix metalloproteinase MMP-2 polymorphisms on responsiveness to antihypertensive therapy of women with hypertensive disorders of pregnancy. *Basic. Clin. Pharmacol. Toxicol*. 2012. Vol. 111. Iss. 4. P. 262–267.

Pereza N., Ostojić S., et al. Matrix metalloproteinases 1, 2, 3 and 9 functional single-nucleotide polymorphisms in idiopathic recurrent spontaneous abortion. *Reprod. Biomed. Online*. 2012. Vol. 24. No 5. P. 567–575.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ И ПОСТТРАНСКРИПЦИОННЫХ ЭТАПОВ БИОГЕНЕЗА микроРНК НА ЕЕ НАСЛЕДУЕМУЮ АБЕРРАНТНУЮ ЭКСПРЕССИЮ ПРИ ДЕЙСТВИИ МИТОМИЦИНА С

А.В. Набока

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
korsunova.anastasia@yandex.ru

Хорошо известно, что возникающие при действии радиации и химических мутагенов повреждения ДНК приводят не только к формированию генных мутаций и хромосомных аберраций, но и индуцируют клеточный ответ, который включает в себя более чем 700 белок-кодирующих генов [Matsuoka et al., 2007]. Ключевую роль в развитии этого ответа играют фосфопротеинкиназы: ATM, DNA-PKcs и ATR [Falck et al., 2005]. В настоящее время идентифицирован целый ряд белков, которые распознают различные типы повреждений ДНК. Основным сенсором, распознающим индуцированные радиацией двунитевые разрывы ДНК, является белковый комплекс Mre11/Rad50/Nbs1 [Petrini, Stracker, 2003], а в случае ультрафиолета – белок DDb1 [Ghodke et al., 2014]. Взаимодействие сенсорных белков с повреждениями ДНК приводит к их активации, и этот сигнал передается протеинкиназами ATM, DNA-PKcs или ATR [Zhang et al., 2011].

Под контролем генов, включенных в клеточный ответ при повреждении ДНК, находятся процессы, связанные с поддержанием стабильности генома клеток, такие как клеточное деление, репарация ДНК [Landau, Slack, 2011] и апоптоз [Lima et al., 2011]. Имеющиеся в настоящее время многочисленные экспериментальные результаты показывают, что в клеточный ответ на повреждение ДНК включены гены, которые прямо или косвенно влияют на дифференциальную экспрессию микроРНК [Hu, Gatti, 2011]. МикроРНК представляют собой короткие молекулы РНК размером 19–23 нуклеотида. Процесс синтеза микроРНК в клетках многоэтапный и протекает как в ядре, так и в цитоплазме. Полученный продукт представляет собой РНК-дуплекс, приблизительно 22 нуклеотида, состоит из ведущей нити микроРНК и пассажирской нити. После загрузки ведущей нити микроРНК в комплекс RISC зрелая микроРНК нить способна распознавать и РНК-мишени с помощью шести – восьми нуклеотидов на 5'-конце микроРНК, в то время как пассажирская нить обычно деградирует.

В настоящее время идентифицирован целый ряд генов и, соответственно, белков, включенных в регуляцию транскрипционной активности генов микроРНК, а также ядерного и цитоплазматического этапа созревания микроРНК. Однако эти результаты получены в случае злокачественного перерождения клеток и в отношении ограниченных по размеру выборок микроРНК. Индукция аберрантной экспрессии микроРНК при действии экзогенных факторов, в том числе при действии мутагенов, изучена значительно хуже.

В данной работе анализировали роль транскрипционной регуляции генов микроРНК и последовательных этапов созревания микроРНК в ядре и цитоплазме, сохранивших аберрантную экспрессию в клеточных поколениях при обработке клеток Hela митомицином С.

С использованием метода ПЦР реального времени для miR-100, let-7c, let-7e, miR-99b, miR-17, miR-18a, miR-30a, miR-30e, miR-21 и miR-31 проведена оценка индуцированных митомицином С изменений экспрессии при- и пре-микроРНК (табл. 1). Известно, что в образовании комплекса RISC участвует лишь одна из нитей дуплекса зрелых микроРНК. В этой связи для оценки эффективности формирования дуплекса микроРНК мы использовали суммарную экспрессию 5p- и 3p-форм зрелых микроРНК, полученных при проведении множественного параллельного секвенирования. Видно, что однозначная корреляция между

экспрессией при-микроРНК, пре-микроРНК и дуплексами зрелых микроРНК отсутствует. Это означает, что в сохранении в клеточных поколениях аберрантной экспрессии микроРНК вносит вклад как транскрипционная регуляция генов микроРНК, так и созревание первичного транскрипта микроРНК, включая его преобразование в предшественник микроРНК (пре-микроРНК) в ядре и в дуплекс зрелых микроРНК в цитоплазме, а также селекцию нитей дуплекса микроРНК при формировании комплекса RISC.

Таблица 1. Влияние этапов биогенеза микроРНК на ее аберрантную экспрессию при действии митомицина С

При-микроРНК		Пре-микроРНК		МикроРНК			Дуплекс miR** (mir/mir*)
Название	Экспрессия (log_2)	Название	Экспрессия (log_2)	Название	Экспрессия (log_2)		Экспрессия (log_2)
					5p	3p	
pri-mir-100	2,6	pre-miR-100	0,97	miR-100	–2,6	нз	–2,3
pri-let-7c	0,84	pre-let-7c	1,4	let-7c	–2,6	нз	–2,6
pri-let-7e-99b	2,6	pre-let-7e	1,8	let-7e	–2,7	нз	–2,6
		pre-miR-99b	–	miR-99b	–3,6	нз	–3,5
pri-miR-17-18a	1,2	pre-miR-17	1,2	miR-17	–0,6	1,1	–0,5
		pre-miR-18a	нз	miR-18a	–1,2	1,4	–0,9
pri-miR-30a	нз	pre-miR-30a	нз	miR-30a	1,4	–1,1	0,6
pri-miR-30e	–0,81	pre-miR-30e	нз	miR-30e	2	нз	нз
pri-miR-21	нз	pre-miR-21	0,71	miR-21	1,7	1,0	1,4
pri-miR-31	0,82	pre-miR-31	–	miR-31	1,1	–1,6	1,1

Примечания. * – дуплекс зрелых микроРНК – miR 5p-/miR 3p-; ** – двоичный логарифм, отношение суммы нормированного числа 3p- и 5p-форм микроРНК в опытных вариантах по отношению к таковой в контрольном варианте; нз – нет статистически значимых различий; «–» – данные отсутствуют.

В основе наследуемой в клеточных поколениях аберрантной экспрессии микроРНК лежат индуцированные в данном случае митомицином С эпигенетические изменения генома в генах микроРНК либо в генах, контролирующих их дифференциальное созревание. Супрессор опухоли p53 является основным регулятором транскрипционной активности генов микроРНК. Наряду с белком p53 транскрипционными регуляторами генов микроРНК выступают его структурные гомологи p63 и p73, а также белки c-Myc и E2F. Процесс преобразования при-микроРНК в пре-микроРНК связан с функционированием полибелкового комплекса Drosha/DGCR8 который действует совместно с несколькими кофакторами, такими как p68, p72, KSRP. Эти кофакторы являются РНК-связующими белками, определяющими дифференциальное взаимодействие комплекса с определенным набором при-микроРНК [Connerty et al., 2015]. Преобразования пре-микроРНК в дуплекс зрелых микроРНК в цитоплазме выполняет полибелковый комплекс Dicer/TPBP, который также ассоциируется с РНК-связующими белками, например белком KSRP [Trabucchi et al., 2009]. Показано, что хеликазы p68/p72 и белок KSRP играют ключевую роль в дифференциальном созревании микроРНК. Их активация обусловливается увеличением экспрессии микроРНК, однако, по нашим данным, большая часть микроРНК сохранили свою аберрантную экспрессию в восьмом клеточном поколении после действия митомицина С и показали уменьшение экспрессии как зрелых микроРНК, так и их дуплексов.

В последние 10–12 лет получены убедительные доказательства ключевой роли микроРНК в развитии злокачественных опухолей. Сам факт аберрантной дифференциальной экспрессии микроРНК при индукции повреждений ДНК в настоящее время не вызывает сомнений. Он зарегистрирован в случае ионизирующего излучения целого ряда химических соединений, как обладающих мутагенной активностью, так и заведомо не являющихся мутагенами. Однако эти наблюдения касаются дифференциальной экспрессии микроРНК непосредственно после экзогенного воздействия. Наследуемость аберрантной экспрессии в ряду клеточных поколений практически не изучена. Более того, спектр аберрантно экспрессирующихся микроРНК меняется при изменении дозы и времени, прошедшего после мутагенного воздействия. И это существенным образом затрудняет оценку потенциальной канцерогенной опасности, связанной с индукцией аберрантной экспрессии микроРНК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Connerty P., Ahadi A., Hutvagner G. RNA binding proteins in the miRNA pathway. *Int. J. Mol. Sci*. 2015. Vol. 17. No 1. C. 31.

Falck J., Coates J., Jackson S.P. Conserved modes of recruitment of ATM, ATR and DNA-PKcs to sites of DNA damage. *Nature*. 2005. Vol. 434. No 7033. P. 605–611.

Fukuda T., Yamagata K., et al. DEAD-box RNA helicase subunits of the Drosha complex are required for processing of rRNA and a subset of microRNAs. *Nat. Cell Biol.* 2007. Vol. 9. No 5. P. 604–611.

Ghodke H., Wang H., et al. Single-molecule analysis reveals human UV-damaged DNA-binding protein (UV-DDB) dimerizes on DNA via multiple kinetic intermediates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2014. Vol. 111. No 18. P. 1862–E1871.

Hu H., Gatti R.A. MicroRNAs: new players in the DNA damage response. *J. Mol. Cell Biol*. 2011. Vol. 3. No 3. P. 151–158.

Landau D.A., Slack F.J. MicroRNAs in Mutagenesis, Genomic Instability and DNA Repair. *Seminars in oncology*. 2011. Vol. 38. No 6. P. 743–751.

Lima R.T., Busacca S., et al. MicroRNA regulation of core apoptosis pathways in cancer. *Eur. J. Cancer*. 2011. Vol. 47. No 2. P. 163–174.

Mahaney B.L., Meek K., Lees-Miller S.P. Repair of ionizing radiation-induced DNA double-strand breaks by non-homologous end-joining. *Biochem. J.* 2009. Vol. 417. No 3. P. 639–650.

Matsuoka S., Ballif B.A., et al. ATM and ATR substrate analysis reveals extensive protein networks responsive to DNA damage. *Science*. 2007. Vol. 316. No 5828. P. 1160–1166.

Petrini J.H., Stracker T.H. The cellular response to DNA double-strand breaks: defining the sensors and mediators. *Trends Cell. Biol*. 2003. Vol. 13. No 9. P. 458–462.

Trabucchi M., Briata P., et al. The RNA-binding protein KSRP promotes the biogenesis of a subset of microRNAs. *Nature.* 2009. Vol. 459. No 7249. P. 1010–1014.

Uziel T., Lerenthal Y., et al. Requirement of the MRN complex for ATM activation by DNA damage. *EMBO J.* 2003. Vol. 22. No 20. P. 5612–5621.

Zhang X., Wan G., et al. The ATM kinase induces microRNA biogenesis in the DNA damage response. *Mol. Cell*. 2011. Vol. 41. No 4. P. 371–383.

О ГЕНЕТИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ КАСПИЙСКОГО ТЮЛЕНЯ

Е.П. Олейников, В.В. Стахеев, А.А. Кондаков

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

В Каспийском море обитает уникальный представитель ластоногих – каспийский тюлень (*Pusa caspica* Gmelin, 1788). В современной систематике он рассматривается в рамках рода, объединяющего его с кольчатой и байкальской нерпами [Абрамов, Хляп, 2012; Wozencraft, 2005]. Рассмотрение морфометрических параметров различными авторами [Огнев, 1935; Гептнер и др., 1976; Аристов, Барышников, 2001] достаточных предпосылок для выделения в пределах P. caspica внутривидовых подразделений не дало. Исключение составляют выводы В.А. Земского и В.И. Крылова [Земский, Крылов, 1982], предполагающие наличие двух популяций каспийского тюленя в северной части Каспийского моря.

Сейчас состояние популяции каспийского тюленя описывается значительным снижением численности [Гудман и др., 2012]. Вид внесен Международным союзом охраны природы и природных ресурсов в категорию «находящийся под угрозой вымирания».

Материалом для нашего исследования послужили образцы тканей, взятые у павших животных с побережья северо-западной части Каспийского моря (Республика Дагестан). Экстракцию ДНК проводили с использованием стандартной процедуры. В исследовании рассмотрен фрагмент гена cytb.

Ранее генетическое разнообразие каспийского тюленя оценивалось по полиморфизму длин рестрикционных фрагментов мт-ДНК [Sasaki et al., 2003]. На основании этого материала авторами были получены данные, демонстрирующие нуклеотидное разнообразие на уровне 0,0011, а гаплотипическое разнообразие 0,722. Эти авторы анализировали довольно обширную выборку (n = 94) из удаленных частей Каспийского моря. Авторы работы [Sasaki et al., 2003] сделали вывод о генетической однородности у каспийского тюленя, обосновывая это островным характером существования вида. Очевидно, что практически семикратное различие в величине нуклеотидного разнообразия, полученное в упомянутой работе и подтвержденное нашими исследованиями, требует объяснения (табл. 1). На наш взгляд, это может быть связано с выбором праймеров для RFLP-анализа [Sasaki et al., 2003]. Полученные нами данные в большей степени отражают реальную картину генетической изменчивости P. caspica, поскольку анализ первичной изменчивости ДНК менее зависим от выбора праймеров, чем RFLP-анализ.

Каспийский тюлень обладает достаточно высоким уровнем генетического разнообразия и имеет развитую внутривидовую филогенетическую структуру. В свете резкого сокращения численности популяции этого вида и придания ему значительного природоохранного статуса перспективно продолжение исследований филогеографии и генетического разнообразия *P. caspica* на всей акватории Каспийского моря с использованием различных маркеров.

Таблица 1. Параметры генетического разнообразия, рассчитанные по нуклеотидной последовательности фрагмента гена *cytb* в пределах выборки *Pusa caspica*

Параметры генетического разнообразия общей выборки *Pusa caspica*	
Количество исследованных экземпляров (последовательностей)	9
Количество гаплотипов (отличающихся последовательностей)	9
Общее количество локусов (нуклеотидов) в последовательностях	567
Количество полиморфных локусов	13
Средняя ожидаемая гетерозиготность по полиморфным локусам ± среднее квадратическое отклонение	0,32479 ± 0,12297
Средняя ожидаемая гетерозиготность по всем локусам ± среднее квадратическое отклонение	0,00745 ± 0,05206
Генное разнообразие (гаплотипическое разнообразие, gene diversity), *H* ± среднее квадратическое отклонение	1,0000 ± 0,0524
Среднее генное разнообразие по всем локусам (нуклеотидное разнообразие, average gene diversity over loci), π ± среднее квадратическое отклонение	0,007447 ± 0,004585
Среднее число аллелей (замен) на локус ± среднее квадратическое отклонение	1,023 ± 0,150

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамов А.В., Хляп Л.А. Отряд Carnivora / И.Я. Павлинов, А.А. Лисовский (ред.) // *Млекопитающие России: систематико-географический справочник.* (Сборник трудов Зоологического музея МГУ. Т. 52). М.: Т-во научн. изданий КМК, 2012. С. 313–382.

Аристов А.А., Барышников Г.Ф. *Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и Ластоногие*. СПб., 2001. 560 с.

Гептнер В.Г., Чапский К.К., и др. 1976. *Млекопитающие Советского Союза. Т. 2. Ч. 3. Ластоногие и зубатые киты*. М.: Высшая школа, 718 с.

Гудман С., Дмитриева Л., и др. Популяционный статус каспийского тюленя (*Pusa caspic*а): угрозы, приоритеты и проблемы сохранения // *Морские млекопитающие Голарктики 2012. Сборник научных трудов*. Т. 1. М., 2012. С. 205–208.

Земский В.А., Крылов В.И. О внутрипопуляционной структуре каспийского тюленя // *Морские млекопитающие: сб. научн. тр*. М., 1982. С. 71–83.

Огнев С.И. *Звери СССР и прилежащих стран. Т. 3: Хищные и ластоногие*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. 752 с.

Sasaki H., Numachi K., Grachev M.A. The Origin and Genetic Relationships of the Baikal Seal, *Phoca sibirica*, by Restriction Analysis of Mitochondrial DNA. *Zoological Science*. 2003. Vol. 20. P. 1417–1422.

Wozencraft W.C. Order Carnivora. *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference.* 3rd ed. D.E. Wilson, D.M. Reeder (eds). Vol. 1. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005. P. 532–628.

АДАПТАЦИЯ АЗОВСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПИЛЕНГАСА (*Liza haematocheilus*) К УСЛОВИЯМ ВЫРАЩИВАНИЯ В УЗВ

Д.С. Тажбаева

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
aranid-07@mail.ru

Товарное выращивание ценных видов рыб – неотложная задача для России, ведь годовое производство аквакультуры в нашей стране не превышает 160 тыс. т, а это низкий показатель. Кефаль-пиленгас – ценная промысловая рыба прибрежных лиманов и эстуариев приморья. Он приспособлен к обитанию как в пресных, так и в водах океанической солености, отличается относительно высокими темпами роста и отменными вкусовыми качествами. Этот вид достаточно технологичен для товарного выращивания, что в сочетании с представленными выше качественными характеристиками выдвинуло его в число наиболее перспективных для товарного выращивания [Матишов и др., 2016].

Целью работы явилась адаптация пиленгаса естественной генерации к искусственным условиям выращивания в условиях аквариального комплекса в системе с оборотным водоснабжением, а также опыт перевода пиленгаса на кормосмеси.

Поставленная цель определила следующие задачи:
– изучить возможность адаптации пиленгаса к искусственным кормосмесям;
– определить оптимальную рецептуру комбикорма для адаптации пиленгаса к искусственному выращиванию на основе рыбоводно-биологических показателей;
– оценить гидрохимический режим бассейнов для адаптации пиленгаса к искусственному выращиванию.

Экспериментальные работы проводили в аквакомплексе береговой научно-экспедиционной базы «Кагальник», который располагается на берегу одного из протоков в юго-западной части дельты реки Дон.

Для длительного содержания пиленгаса, поступающего в аквариальный комплекс, смонтирована небольшая установка с оборотным водообеспечением.

В качестве объекта исследований использовали разновозрастные группы пиленгаса, которые были доставлены из восточной части акватории Таганрогского залива. Отлов проводился с апреля по июнь 2015 г. недалеко от дельты р. Дон на глубине 1,5–2 м. Для транспортировки пиленгаса с мест вылова использовался маломерный флот ЮНЦ РАН. Транспортировку пойманных рыб осуществляли в 80-литровой емкости из полиэтилена.

Пиленгас обладает высокой эврибионтностью, способен расти в диапазоне температуры от +0,4 до +35 °С, солености от 0 до 60 ‰, при содержании кислорода от 1 мг/л до полного насыщения. В связи с этим необходимо было проводить адаптацию пиленгаса к искусственным условиям, максимально приближенным к естественной среде обитания. Во время первичной адаптации и последующего содержания пиленгаса в бассейнах кислород был на уровне 6,5–9,8 мг/л, температура 19,4–22 °С, кислотность воды 6,5–8,5.

В результате исследований выяснили, что гидрохимические показатели воды бассейнов, используемых для содержания пиленгаса, не превышали нормативных показателей, что благоприятно влияло на физиологическое состояние объектов выращивания.

Для наблюдения за поведением рыб, их питанием применялась система подводного видеонаблюдения Underwater Camera Mono с инфракрасной подсветкой, позволяющей вести наблюдение в полной темноте. Также проводили взвешивание на электронных весах и измерение рыбы на стандартной ихтиологической линейке.

Одной из проблем в аквакультуре пиленгаса является спектр его питания. В природе основной кормовой рацион составляет детрит, однако, согласно данным литературных источников, в желудочно-кишечном тракте встречались представители других видов рыб – *Percarina demidoffi*, *Clupeonella cultriventris* и морских беспозвоночных – полихета *Nereis* sp. [Гузенко, 1998], хирономид и другие кормовые объекты, причем пиленгас может их брать как с поверхности, из толщи воды, так и со дна [Подушка, 2007].

На основе литературных данных о питании пиленгаса [Туркулова, Михайлов, 2009] были предприняты попытки перевода пиленгаса на комбикорм на основе рыбного фарша и гранулированного комбикорма.

В связи с использованием свежей речной рыбы для приготовления фарша и риском развития заболевания разной этиологии проводили обеззараживание рыбы от эктопаразитов путем вымачивания рыбы и филе в 21 %-ном растворе хлористого натрия в течение 30 мин.

На основе рыбного фарша были сделаны несколько рецептов влажных пастообразных кормов с разным соотношением фарша и комбикорма.

На первом этапе исследований было необходимо исследовать четыре варианта корма на основе осетрового комбикорма (BioMar):

1) фарш из бычка – 75 %, осетровый комбикорм – 25 %;
2) фарш из карася – 70 %, осетровый комбикорм – 30 %;
3) фарш из карася – 50 %, осетровый комбикорм – 50 %;
4) осетровый комбикорм – 90 %, рыбная мука – 10 %.

Первая положительная пищевая реакция была получена на комбикорм с составом № 1, где содержалось 25 % осетрового комбикорма и 75 % фарша из бычков. Анализируя полученные результаты на первом этапе исследований, можно сделать вывод, что наиболее оптимальной рецептурой на основе осетрового комбикорма являлся вариант № 4, содержащий 90 % осетрового комбикорма и 10 % рыбной муки. Абсолютный прирост при употреблении данного корма составил 147 г, среднесуточный прирост 4,9 г/сут, среднесуточная скорость роста 17,9 %, коэффициент массонакопления 0,05.

На втором этапе исследовался один вариант корма на основе карпового комбикорма:
– фарш из карася – 40 %;
– карповый комбикорм – 50 %;
– рыбная мука – 5–6 %, витамины А, Е.

Абсолютный прирост при употреблении данного корма составил 94 г, среднесуточный прирост 3,13 г/сут, среднесуточная скорость роста 16,18 %, коэффициент массонакопления 0,04.

Третий этап эксперимента заключался в исследовании адаптации пиленгаса к составу кормосмеси с применением птичьего комбикорма:

фарш из карася – 57 %, птичий комбикорм «Рост» – 23 %, рыбная мука – 10 %, кукурузная крупа – 10 %;

фарш из карася – 57 %, птичий комбикорм «Старт» – 23 %, рыбная мука – 10 %, кукурузная крупа – 10 %.

птичий комбикорм «Старт» – 85 %, рыбная мука – 15 %, витамины А и Е.

В ходе третьего этапа исследований было установлено, что наиболее оптимальным кормом из птичьего комбикорма является вариант № 3 (85 % птичьего комбикорма «Старт», 15 % рыбной муки, витамины А и Е). Абсолютный прирост при употреблении данного корма составил 146 г, среднесуточный прирост 4,9 г/сут, среднесуточная скорость роста 17,89 %, коэффициент массонакопления 0,06.

Для оценки эффективности применения различных составов кормосмесей для выращивания пиленгаса в искусственных условиях необходимо было сравнить полученные в результате исследований данные. Сравнивая данные, можно с наибольшей достоверностью утверждать, что оптимальным кормом для адаптации пиленгаса к искусственному выращиванию на основе рыбоводно-биологических показателей являлись две опытные рецептуры кормосмесей – № 3 и № 4, которые дают абсолютный прирост, различающийся всего

лишь на 1 г, среднесуточный прирост в обеих кормосмесях был равен 4,9 г/сут, среднесуточная скорость роста практически одинакова, разница составляла 0,01 %. А вот коэффициент массонакопления и коэффициент упитанности по Фультону при применении птичьего комбикорма были немного больше (на 0,01 и 0,16 соответственно), чем в варианте с применением осетрового комбикорма. Самым худшим вариантом корма являлась кормосмесь на основе карпового комбикорма.

Для выращивания пиленгаса в УЗВ рекомендуется использовать кормосмесь, содержащую 90 % осетрового комбикорма и 10 % рыбной муки, поскольку в осетровом комбикорме больше питательных веществ и он лучше усваивается в организме рыб, чем птичий комбикорм, а значит, является более экономически выгодным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гузенко А. Пиленгас: сенсация для любителей рыбалки // *Рыболов*. 1998. № 5. С. 54–55.

Матишов Г.Г., Коваленко В.П., и др. *Опыт выращивания пиленгаса Азовского моря в условиях аквакомплекса*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. 44 с.

Подушка С.Б. *Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО*. 2007. Вып. 13. С. 40–42.

Туркулова В.Н., Михайлов В.В. *Матеріали до методики садкового вирощування в морській воді молоді райдужної форелі та піленгасу у полікультурі з двостулковими молюсками в умовах узбережжя західного Криму*. Отчет о НИР. Киев: ЮгНИРО, 2009. 137 с.

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ПРОЛАКТИНА (PRL) И ЕГО СВЯЗЬ С ПРОДУКТИВНЫМИ КАЧЕСТВАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

А.В. Усатов[1], М.А. Леонова[1, 2], И.А. Горбулич[1], М.В. Григорьева[1], Е.Г. Залесская[1]

[1] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия
m.leonovaa@mail.ru

Красная степная порода коров относится к основным породам России и по численности занимает четвертое место (около 7 % от общей численности скота). Она лучше всех других пород приспособлена к условиям юга России, где она разводится более 150 лет. Молочная продуктивность красных степных коров достигает 4–5 тыс. кг молока за лактацию с жирностью молока 3,7–3,8 %. Однако требования для рентабельного производства молока диктуют необходимость иметь в России стада с удоем более 7–8 тыс. кг молока на корову. Для того чтобы красная степная порода имела такие показатели (при традиционной селекции), потребуется длительное время, не менее 100 лет. В связи с этим в настоящее время поголовье красной степной породы сокращается [Leonova et al., 2015]. Поэтому поиск, разработка и интеграция современных биотехнологических методов селекции в отрасль молочного скотоводства для улучшения молочной продуктивности красной степной породы и других отечественных пород являются актуальными.

В настоящее время в связи с развитием молекулярной генетики и биологии появилась возможность идентификации генов, напрямую или косвенно связанных с хозяйственно-полезными признаками (геномный анализ). Выявление предпочтительных с точки зрения селекции вариантов таких генов у сельскохозяйственных животных позволяет, наряду с традиционным отбором по фенотипу, проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК (маркер-зависимая селекция) [Гетманцева и др., 2014].

Такая селекция имеет ряд преимуществ в сравнении с традиционной. Она не учитывает изменчивость хозяйственно-полезных признаков, обусловленную внешней средой, делает возможной оценку животных в раннем возрасте независимо от пола и в результате повышает эффективность селекции и сокращает сроки выполнения заданных уровней продуктивности.

Разработан достаточно широкий набор методик, позволяющий определить спектр генов-кандидатов, полиморфные варианты которых оказывают прямое или косвенное влияние на реализацию признаков продуктивности сельскохозяйственных животных. Удобным является метод ПЦР с последующим рестрикционным анализом для определения полиморфизма генов и их связи с хозяйственно-ценными признаками животных.

PRL участвует в инициации и поддержании лактации у млекопитающих и первоначально был идентифицирован как лактотропный гормон, секретируемый гипофизом, к настоящему времени накоплено много данных о разнообразии физиологических функций пролактина, включая осморегуляцию, репродукцию, поведенческие реакции [Тюлькин и др., 2012]. Пролактин синтезируется в различных тканях, включая эндотелиальные и иммунные клетки, нейроны и др. Более того, участие пролактина в регуляции иммунного ответа привело к созданию концепции о двойной функциональной роли пролактина – как гормона и как цитокина. Многие биологические функции, такие, например, как экспрессия генов казеинов, осуществляются через рецепторы пролактина [Усатов и др., 2014].

У крупного рогатого скота ген PRL локализован в области q21 хромосомы 23 и тесно сцеплен с генами класса I и класса II главного комплекса гистосовместимости [Alfonso et al., 2012].

В связи с этим целью работы является оценка связи гена PRL с молочной продуктивностью коров красной степной породы.

Полиморфизм гена PRL оценивали методом ПЦР-ПДРФ. Рестрикцию амплифицированного фрагмента гена PRL длиной 294 п.н. проводили с рестриктазой RsaI (ООО «СибЭнзим-М»). Размер продуктов рестрикции фрагмента гена PRL оценивали методом электрофореза в 2 %-ном агарозном геле.

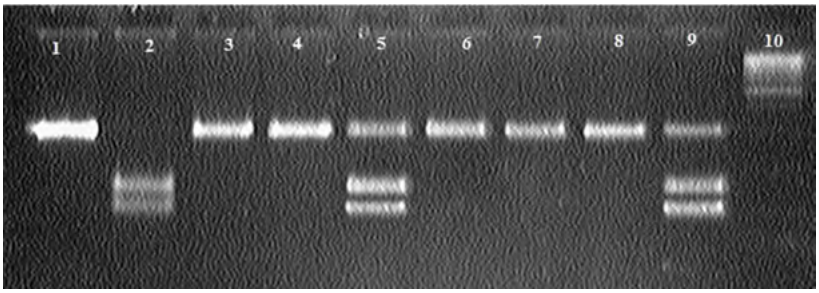


Рис. 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена PRL/RsaI в 2 %-ном агарозном геле. 1, 3, 4, 6, 7, 8 – генотип GG (294 п.н.); 2 – генотип AA (163 и 132 п.н.); 5, 9 – генотип AG (407, 294 и 132 п.н.); 10 – ДНК-маркер 100 bp (СибЭнзим))

Фрагмент длиной 294 п.н. соответствовал генотипу GG, фрагмент длиной 163, 132 п.н. соответствовал генотипу AA, фрагмент длиной 294, 163, 132 п.н. – генотипу AG.

Проведенные исследования генетической структуры красной степной породы коров, по данным полиморфизма гена PRL, показали наличие генотипов AA, AG и GG с частотой 6,3, 31,3, 62,5 % соответственно. Наибольшую частоту имел аллель G (78,1) и генотип GG (62,5 %) (рис. 2).

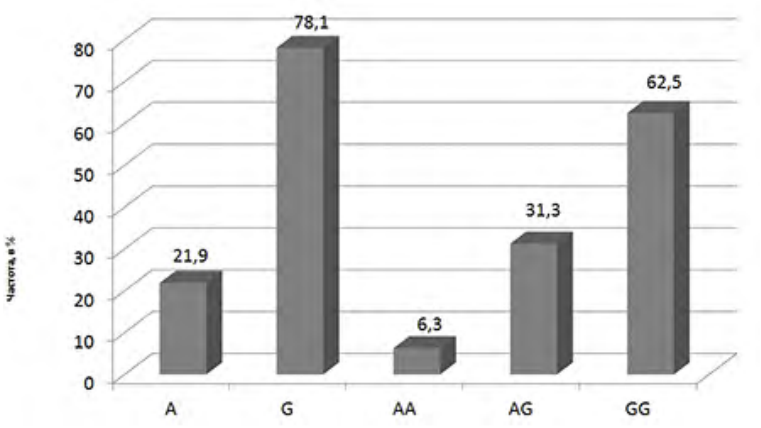


Рис. 2. Распределение частот аллелей и генотипов гена PRL у коров красной степной породы

Исследования, проведенные Alfonso и др. по гену PRL на американо-шведском типе коров, напротив, показали преобладание в популяции аллеля A, который составил 87,7 %. Частоты генотипов AA, AG и GG были 78,4, 17,2 и 4,4 % соответственно [Alfonso et al., 2012].

Результаты исследований Тюлькина и др. у чистопородных и помесных по голштинской породе быков-производителей по локусу гена PRL показали, что из 70 быков 53 (75,7 %) имели генотип AA, 16 (22,9 %) – AB и 1 (1,4 %) – BB. При этом частота аллеля A составила 0,87, а аллеля B – 0,13 [Тюлькин и др., 2012].

Частота аллеля A гена PRL в стадах крупного рогатого скота черно-пестрой, джерсейской, холмогорской, ярославской, симментальской пород составила 0,3081–0,8533. Более высокая частота аллеля A гена PRL отмечалась среди коров черно-пестрой породы – 0,8533, при этом наименьшая частота аллеля A была у животных джерсейской породы – 0,3081 [Тюлькин и др., 2012].

Исследования, проведенные Dong и соавт. на разных породах крупного рогатого скота различного направления продуктивности, также показали различия частот аллелей и генотипов по гену PRL [Dong et al., 2013].

Анализ влияния полиморфизма гена PRL на молочную продуктивность коров красной степной породы ООО «Учхоз Донское» ДонГАУ показал, что животные генотипа АА отличались лучшим удоем за лактацию и превосходили аналоги генотипа AG на 388,2 кг (7,2 %) и генотипа GG на 564,1 кг (10,7 %, P<0,05). Результаты представлены в таблице 1.

Влияния генотипов гена PRL на количество жира и белка в молоке исследуемой популяции установлено не было, но отмечается положительная тенденция у животных генотипа АА, которые по сравнению с аналогами генотипа GG имели лучшие показатели по массовой доле белка на 0,05 %.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров красной степной породы различных генотипов гена PRL

Генотип гена PRL/RsaI	Удой за 305 сут. лактации, кг	МДЖ, %	МДБ, %
AA	5815,50±201,01*	3,90±0,07	3,15±0,02
AG	5427,31±227,01	3,95±0,01	3,12±0,01
GG	5251,40±196,50	3,88±0,03	3,10±0,06

Примечание. *P<0,05.

Результаты исследований Alfonso и др. по гену PRL показали, что животные с генотипом АА имели большую выработку молока в период лактации, чем животные с генотипом AG и GG (p<0,05), что согласуется с нашими результатами [Alfonso et al., 2012].

Исследования, проведенные Dong и др. на большой популяции местных голштинских коров, также показали, что у коров с генотипом АА гена PRL было более высокое содержание молочного белка, чем у коров с генотипами AG и GG [Dong et al., 2013].

В результате проведенных исследований влияния генотипов гена PRL на молочную продуктивность коров красной степной породы была установлена достоверная связь с удоем за лактацию. Для коров красной степной породы по гену PRL предпочтительным установлен генотип АА, закрепление которого в исследуемой популяции будет способствовать повышению молочной продуктивности коров. Полученные результаты показывают, что необходимо проводить дальнейшие исследования на большей группе животных, так как имеется положительная тенденция увеличения массовой доли белка у коров с генотипом АА.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 40.91.2014/К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гетманцева Л.В., Леонова М.А., и др. Полиморфизм гена POU1F1 у коров красной степной породы // *Аграрный вестник Урала.* 2014. № 12 (130). С. 23–25.

Тюлькин С.В., Ахметов Т.М., и др. Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. Т. 16. № 4/2.

Усатов А.В., Гетманцева и др. Особенности химического состава молока различных видов сельскохозяйственных животных // *Валеология*. 2014. № 4. С. 18–22.

Alfonso E., Rojas R., et al. Polymorphism of the prolactin gene (PRL) and its relationship with milk production in American Swiss cattle. *African Journal of Biotechnology*. 2012. Vol. 11. No 29. P. 7338–7343.

Dong C.H., Song X., et al. New insights into the prolactin – RsaI (PRL-RsaI) locus in Chinese Holstein cows and its effect on milk performance traits. *Genetic and Molecular Research*. 2013. Vol. 12. No 4. P. 5766–5773.

Leonova M.A., Getmantseva L.V., et al. Genetic markers of cow milk productiveness of the Red Steppe breed // *Научный альманах стран Причерноморья*. 2015. № 1(1). С. 29–33.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СТАТУС *Glaucopsyche alexis aeruginosa* (Lepidoptera, Lycaenidae)

Е.С. Фомина

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
fomina.lena@list.ru

Таксон *aeruginosa* Staudinger 1881, описанный в качестве вариации *Glaucopsyche alexis* (Poda, 1761), зачастую трактуется некоторыми авторами в качестве самостоятельного вида и даже описываются его подвиды: *kopetdaghensis* Dubatolov, 1993, *tshatkala* (Korb, 1997), *memorabilis* Korb, 2013 [Дубатолов, 1993; Корб, 2013; Korb, 1997; 2012]. В то же время большинство исследователей определяют статус *aeruginosa* максимум на подвидовом уровне. В этой связи нами была предпринята попытка провести анализ таксона *aeruginosa* в сравнении с *G. alexis* с привлечением молекулярно-генетических исследований.

Материал: *G. alexis aeruginosa*: ♂, Kyrgyzstan: Arashan, 06.06.2014, S. Korb – музейный номер ILL260, accession № GenBank KX641077 – COI; KX641078 – Ef-1a; KX641079 – ITS2.

Обработку образцов тканей изученных экземпляров, амплификацию участков митохондриального гена первой субъединицы цитохромоксидазы (COI) ДНК, ядерного гена elongation factor 1 alpha (Ef-1a) и ядерной некодирующей последовательности internal transcribed spacer 2 (ITS2), а также секвенирование амплифицированных фрагментов проводили аналогично процедурам, описанным ранее [Водолажский, Страдомский, 2008].

Для получения ПЦР-продуктов COI использовали прямой праймер (PolF 5'-TAG CGA AAA TGA CTT TTT TCT A-3') и обратный праймер (PolR2 5'-TTG CTC CAG CTA ATA CAG GTA A-3'), для Ef-1a – прямой праймер (LaEfF 5'-TAC CAT CGA GAA GTT CGA GAA G -3') и обратный праймер (LaEfR 5'-GCC ACC CCT TGA ACC AGG GCA T-3'), для ITS2 – прямой праймер (PiF 5'-GGG CCG GCT GTA TAA AAT CAT A-3') и обратный праймер (PiR 5'-AAA AAT TGA GGC AGA CGC GAT A-3').

Анализ первичных нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программы BioEdit Sequence Alignment Editor версии 7.0.5.3.

В качестве сравнения использовали нуклеотидные последовательности экземпляра *G. alexis* из Ростовской области – музейный номер ILL158, accession № GenBank KF647245 – COI; KJ671890 – Ef-1a; KF894392 – ITS2.

Исследования показали, что различия в митохондриальном COI гене между *G. alexis* и таксоном *aeruginosa* отсутствуют. Также идентичными оказались высоковариабельные ядерные последовательности ITS2 у обоих экземпляров. Различия по Ef-1a составили лишь 0,6 %.

Такое высокое сходство митохондриальных и ядерных нуклеотидных последовательностей *G. alexis* и таксона *aeruginosa* позволяют считать последний только в статусе подвида *G. alexis*, а описанные в рамках таксона *aeruginosa* подвиды следует синонимизировать с *G. alexis aeruginosa*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Водолажский Д.И., Страдомский Б.В. Исследование филогенеза подрода *Polyommatus* (s. str) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae) с использованием маркеров мтДНК. Часть I // *Кавказский энтомологический бюллетень*. 2008. Т. 4. № 1. С. 123–130.

Дубатолов В.В. *Дневные чешуекрылые* (*Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea*) *гор Туркменистана:* автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск: Зоологический музей Биологического института СО РАН, 1993. 25 с.

Корб С.К. К систематике и распространению голубянок рода *Glaucopsyche* Scudder, 1872 (Lepidoptera: Lycaenidae) // *Амурский зоологический журнал*. 2013. Т. V. № 2. С. 177–179.

Korb S.K. To the systematics of blue butterflies of the genus *Glaucopsyche* Scudder, 1872 in the Tian-Shan mountains (Lepidoptera, Lycaenidae). *Atalanta.* 2012. Vol. 43. P. 173–180.

Korb S.K. Two new taxa of Lycaenidae from Middle Asia (Lepidoptera). *Lambillionea.* 1997. Vol. 97. № 3. P. 434–436.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ РИСА

В.А. Хачумов[1], А.В. Усатов[1], К.В. Азарин[1], М.С. Макаренко[1], П.И. Костылев[2]

[1] Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета г .Ростов-на-Дону, Россия
[2] Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, г. Зерноград, Россия
VladimirKhachumov@yandex.ru

Рис – важнейшая зерновая культура, используемая в виде основного пищевого продукта более чем половиной жителей планеты. Одним из серьезных ограничителей увеличения производства риса во всем мире считается почвенное засоление [Ali et al., 2014]. Текущая оценка ФАО (2014) свидетельствует, что 831 млн гектаров мировых сельскохозяйственных площадей в той или иной степени являются засоленными [Suzuki et al., 2016]. В России рис выращивается на площади 210 тыс. га. Во многом это засоленные почвы юга России – Ростовской, Астраханской областей, Краснодарского края, Калмыкии, Дагестана. При этом основные посевы риса сосредоточены в Краснодарском крае и Ростовской области (133 тыс. га, или 65,9 % посевов, валовой сбор риса 908,9 тыс. га в 2010 г.). Они расположены на засоленных, заболоченных и подтопляемых землях, малопригодных для возделывания других культур [Костылев, 2011]. Степень засоления почв можно контролировать с помощью ирригационных и дренажных систем, а также химической обработки почвы, однако масштаб проблемы делает этот подход экономически малорентабельным [Islam et al., 2011]. Оптимальным решением данной проблемы является селекция и внедрение в производство новых высокопродуктивных устойчивых сортов [Quijano-Guerta, Kirk, 2002]. В этом плане технология молекулярного маркирования и картирования локусов количественных признаков не только позволяет создавать сорта с заданными свойствами, но и, безусловно, ведет к более глубокому пониманию физиологических механизмов устойчивости к солевому стрессу [Sabouri et al., 2009; Platten et al., 2014].

Микросателлиты – наиболее эффективные молекулярные маркеры для идентификации генетической изменчивости сортов риса [Islam et al., 2011; Sabouri et al., 2009]. Существует генетическая карта риса с локализованными на ней QTLs, определяющими устойчивость к засолению в фазу проростков по 14 признакам: высота проростка (PH); концентрация Na^+ в побегах (SNC); концентрация K^+ в побегах (SKC); отношение Na^+/K^+ в побегах (SNK); концентрация K^+ в корнях (RKC); отношение Na^+/K^+ в корнях (RNK); фенотипическая оценка устойчивости (SES); относительное содержание хлорофилла в листьях (CHL) [Thomson et al., 2010] (рис. 1).

Целью работы является определение наиболее информативных ДНК-маркеров, ассоциированных с солеустойчивостью риса.

Материалом исследования послужили селекционные образцы риса *Oryza sativa* ssp. *japonica* (11 образцов отечественной селекции), ssp. *indica* (4 сорта вьетнамской селекции) из коллекции Всероссийского НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко.

В работе использовали 24 SSR-маркера, ассоциированных с солеустойчивостью риса. Данные маркеры были отобраны нами по литературным данным и в результате предварительных опытов [Usatov et al., 2015; http://www.gramene.org/markers/microsat].

Геномную ДНК выделяли из молодых листьев риса по методу Р. Бума [Boom et al., 1990] с нашими модификациями. При проведении полимеразной цепной реакции использовали 25 мкл реакционной смеси следующего состава: 67 мМ трис-HCl, pH 8,8; 16 мМ $(NH_4)2SO_4$, 2,5 мМ $MgSO_4$, 0,1 мМ меркаптоэтанола, 0,25 мМ каждого $_д$НТФ ($_д$АТФ, $_д$ЦТФ, $_д$ТТФ, $_д$ГТФ), по 10 пМ праймеров; 2,5 ед. Taq-полимеразы, 30 нг выделенной ДНК. Амплификацию

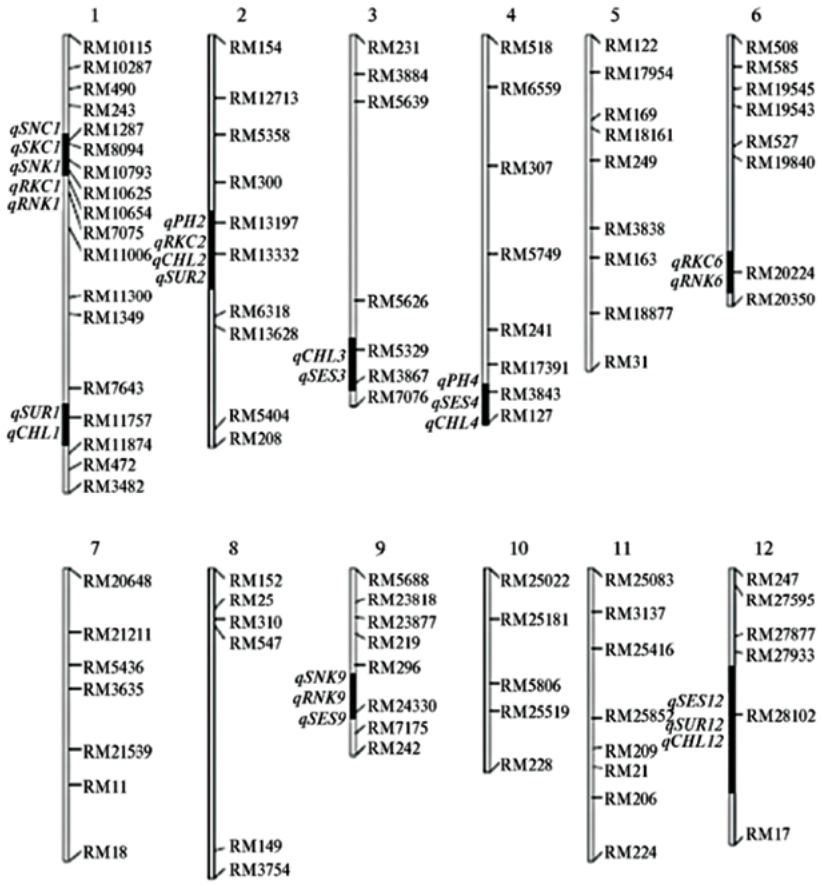


Рис. 1. Генетическая карта с отмеченными на ней QTLs, определяющими устойчивость к засолению

проводили в термоциклере Palm Cycler Corbett Research (Австралия). Термальный режим реакций подбирали для каждой пары праймеров с учетом их нуклеотидного состава. Для большинства проведенных реакций оптимальным оказался терморежим с начальной денатурацией при 96 °С в течение 2 мин, затем 30 циклов при соблюдении температурно-временного режима: отжиг при 55–60 °С в течение 40 сек, элонгация – 1 мин при 70 °С, денатурация при 94 °С – 30 сек, финальная элонгация – 2 мин. Продукты реакции амплификации разделяли электрофоретически в 2 %-ном агарозном геле с бромистым этидием (1 мкг/мл), используя трис-боратный буфер. После электрофореза гели переносили на трансиллюминатор и фотодокументировали с помощью видеосистемы (GelDoc 2000, BioRad, США).

В лабораторном эксперименте семена риса замачивали в воде в течение 12 ч, затем помещали в специальные лотки и добавляли солевой раствор в концентрациях 1,0 % и 1,5 % NaCl. Контрольные семена проращивали на дистиллированной воде. Через 14 дней измеряли длину корешков и проростков, а также процент всхожести семян. Растения выращивали в климатической камере (Binder, Германия) при температуре 26 °С, влажности 70 %, световом цикле 15/9 ч.

В результате проведенной работы были выделены группы генотипов, проявляющие как устойчивость, так и чувствительность к солевому стрессу (табл. 1).

Таким образом, в результате морфометрического анализа можно выделить группу образцов К-7256, Айсберг, Бахус×Дончак и К-2495 (Остап), проявившую устойчивость к воздействию соли, выраженную в наименьшем снижении интенсивности роста и всхожести относительно контроля. Наибольшее ингибирование ростовых процессов при засолении наблюдается у районированных сортов Боярин, Бахус×Хазар, Бахус×Хазар Д9403 и К-2420 (Остап).

Таблица 1. Всхожесть, длина проростков и корешков образцов риса через 14 дней прорастания в условиях засоления (1,5 % NaCl)

№	Образец	Всхожесть, %			Длина проростка			Длина корня		
		контроль	1,5 % NaCl		контроль, см	1,5 % NaCl		контроль, см	1,5 % NaCl	
			абс.	отн., %		абс., см	отн., %		абс., см	отн., %
1	Боярин (ст.)	100,0	80,0	80,0	6,16 ± 1,71	0,58 ± 0,41**	9,3	12,18 ± 1,91	1,51 ± 0,62**	12,4
2	К-7256	85,0	50,0	58,8	5,57 ± 1,83	0,85 ± 0,69**	15,3	9,71 ± 3,53	1,69 ± 0,95 *	17,4
3	Айсберг	90,0	60,0	66,7	6,33 ± 1,54	0,83 ± 1,13**	13,2	10,10 ± 0,86	2,11 ± 1,28**	20,9
4	Бахус × Дончак	85,0	71,4	84,0	6,52 ± 2,38	1,15 ± 1,07 *	17,6	11,40 ± 3,31	2,67 ± 0,86 *	23,4
5	Бахус × Хазар	100,0	70,0	70,0	6,00 ±1,99	0,44 ± 0,99 *	7,3	11,05 ± 2,67	1,74 ± 1,02**	15,7
6	Бахус × Хазар Д 9403	100,0	60,0	60,0	6,05 ± 1,54	0,28 ± 0,46**	4,7	11,66 ± 2,14	1,06 ± 0,93**	9,1
7	К-2420 (Остап)	90,0	50,0	55,6	6,80 ± 2,25	0,40 ± 0,36 *	5,9	11,72 ± 2,72	2,08 ± 0,97**	17,7
8	К-2495 (Остап)	100,0	95,0	95,0	5,93 ± 1,86	1,94 ± 1,43	32,7	14,10 ± 2,61	3,61 ± 1,58**	25,6

Примечание. Достоверные отличия по сравнению с контролем при $^{*}P < 0,05$, $^{**}P < 0,01$.

В результате SSR-анализа образцов риса по 24 микросателлитным маркерам было выявлено, что только 9 маркеров дают специфические хорошо воспроизводимые спектры и являются информативными для идентификации исследуемых генотипов. На рисунке 2 представлены результаты ПЦР-анализа 11 отечественных и 4 вьетнамских образцов риса по микросателлитному локусу RM237. Показано, что у образцов 3, 5, 6, 10–19 локус RM237 обнаруживает аллельный вариант порядка 130 п.о. Аллель 120 п.о. в спектрах амлификации данного праймера встречается у образцов 1, 2, 4, 7–9. Аналогичные результаты были получены при амплификации с праймерами RM253, RM336, RM493, RM585, RM3412, RM5711, RM7075, RM10793. При амплификации с праймерами RM223, RM 510, RM 585, RM8095, RM25, RM210, RM25092, RM25519, RM8094, RM8046, RM6832, RM10782, RM10776, RM10746 полиморфизма не выявлено.

Таким образом, по результатам генотипирования показано, что 9 из 24 SSR-маркеров, а именно RM237, RM253, RM336, RM493, RM585, RM3412, RM5711, RM7075, RM10793, являются информативными для скрининга и идентификации растений, устойчивых к засолению.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 40.91.2014/К.

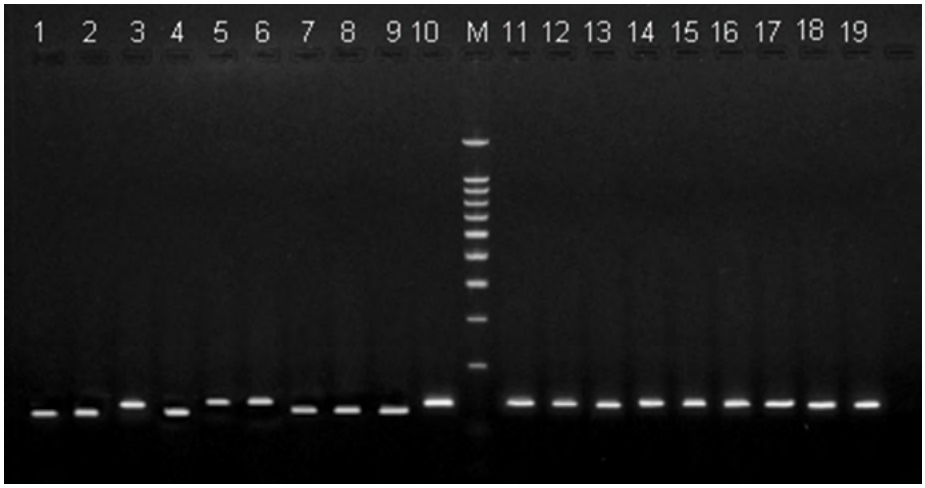


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК с RM237: 1 – Боярин; 2 – Южанин; 3 – Кубояр; 4 – К-7256; 5 – Айсберг; 6 – Бахус×Дончак; 7 – Бахус×Хазар; 8 – Бахус×Хазар, Д9403; 9 – К-2420 (Остап); 10 – К-2495 (Остап); 11–12 – Новатор; 13–14 – IR 74099; 15–16 – NSIC Rc106; 17–18 – IR 52713; 19 – TDK-1; М – ДНК-маркер (100–1500 п.о.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Костылев П.И. *Методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники риса*. Ростов н/Д: Книга, 2011. 268 с.

Ali M.N. et al. Screening of rice landraces for salinity tolerance at seedling stage through morphological and molecular markers. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2014. Vol. 20. P. 411–423.

Boom R. et al. Rapid and simple method for purification of nucleic acids. *Journal of clinical microbiology.* 1990. Vol. 28. No 3. P. 495–503.

Islam M.R. QTL mapping for salinity tolerance at seedling stage in rice. *J. Agric. Food Technol*. 2011. Vol. 23. No 2. P. 137–146.

Platten J.D., Egdane J.A., Ismail A.M. Salinity tolerance, Na+ exclusion and allele mining of HKT1; 5 in Oryza sativa and O. glaberrima: many sources, many genes, one mechanism? *BMC plant biology*. 2013. Vol. 13. No 1. P. 1.

Quijano-Guerta C., Kirk G.J.D. Tolerance of rice germplasm to salinity and other soil chemical stresses in tidal wetlands. *Field crops research*. 2002. Vol. 76. No 2. P. 111–121.

Sabouri H. et al. QTLs mapping of physiological traits related to salt tolerance in young rice seedlings. *Biologia Plantarum.* 2009. Vol. 53. P. 657–662.

Suzuki K. et al. OsHKT1; 4-mediated Na^+ transport in stems contributes to Na+ exclusion from leaf blades of rice at the reproductive growth stage upon salt stress. *BMC plant biology*. 2016. Vol. 16. No 1. P. 1.

Thomson M.J. et al. Characterizing the Saltol quantitative trait locus for salinity tolerance in rice. *Rice.* 2010. Vol. 3. No 2–3. P. 148–160.

Usatov A.V. et al. Introgression the SalTol QTL into the Elite Rice Variety of Russia by Marker-Assisted Selection. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2015. Vol. 10. No 4. P. 165–169.

URL: http://www.gramene.org/markers/microsat

РАЗЛИЧИЯ ПРОФИЛЕЙ ЭКСПРЕССИИ микроРНК В КЛЕТКАХ ГОРМОН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ И ГОРМОН-НЕЗАВИСИМЫХ ЛИНИЙ РАКА ПРОСТАТЫ

Д.А. Чеботарев, М.А. Махоткин

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
last-che@yandex.ru

Рак предстательной железы (РПЖ) является одним из наиболее распространенных видов рака у мужчин, и доля этого заболевания в мире неуклонно растет. Уступая в структуре онкологической смертности только раку легкого, РПЖ занимает второе место в Европе. Несмотря на то, что рак простаты является одним из самых изученных онкозаболеваний, скрининг и лечение его на ранних стадиях остаются одним из самых сложных и спорных вопросов в современной медицине [Steward, Wild, 2014].

Развитие рака простаты связано с изменениями активности андрогенного рецептора, преобразующего сигнал от мужского полового гормона тестостерона в усиление транскрипционной активности генов, связанных с ростом и делением клеток. Поступающий в клетку тестостерон превращается 5α-редуктазой в более активный метаболит – дигидротестостерон, который связывается с андрогенным рецептором, вытесняя комплекс шаперонов. Затем образовавшийся комплекс перемещается в ядро, где он димеризуется и связывается со специфическими последовательностями ДНК (androgen-responsive elements, ARE) вблизи генов, таких как ген простатспецифического антигена (ПСА), IGF1R, AR и др. С помощью белков ремоделинга хроматина происходит стимуляция либо подавление транскрипции генов-мишеней, что в итоге приводит к усилению роста и повышению выживаемости клеток [Shafi et al., 2013; Sun et al., 2014].

В последние 15 лет широко изучается микроРНК-зависимая регуляция активности генов. МикроРНК являются небольшими однонитевыми молекулами РНК, содержащими 19–23 нуклеотида. Под их контролем находится от 30 до 60 % генов человека. Зрелые микроРНК входят в состав белкового комплекса RISC (RNA-induced silencing complex), функция которого связана с деградацией целевых мРНК или подавлением их трансляции. При этом нуклеотидная последовательность микроРНК обеспечивает комплексу RISC способность распознавать целевые информационные РНК-мишени. Вместе с тем экспрессия самих микроРНК также находится под генетическим контролем, и их профили экспрессии проявляют довольно высокую специфичность в клетках различных тканей, на разных стадиях специализации клеток. Для сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний выявлены микроРНК-маркеры развития патологии. Во многих случаях для таких микроРНК уже определены гены-мишени и сигнальные пути клеточного метаболизма, в реализации которых эти гены участвуют.

Регуляция экспрессии микроРНК выполняется как на внутриядерном, так и на цитоплазматическом этапах биогенеза микроРНК. Метилирование ДНК промоторов и модификации гистонов влияют на уровни транскрипции генов микроРНК. Активность комплексов Drosha и Dicer с различными кофакторами обеспечивает дифференциальное созревание первичных транскриптов и предшественников микроРНК соответственно. Заметное влияние оказывает выбор 5p- либо 3p-цепи из дуплекса зрелых микроРНК при образовании RISC [Тарасов и др., 2016].

По литературным данным, утрата клетками рака простаты чувствительности к тестостерону сопровождается обширными изменениями в экспрессии микроРНК, что ставит вопрос о взаимосвязи этих явлений. В связи с этим целью настоящей работы являлось

сравнение профилей экспрессии микроРНК в андроген-чувствительных и андроген-независимых клетках рака простаты с последующим анализом микроРНК, связанных с контролем чувствительности клеток к тестостерону.

Материалы и методы. В качестве моделей простатных клеток с разной зависимостью от тестостерона были использованы линия андроген-чувствительных клеток LNCaP и линия андроген-независимых клеток DU-145, которые культивировались на средах RPMI-1640 и EMEM соответственно с 10 %-ным содержанием эмбриональной бычьей сыворотки при 37 °C в присутствии 5 % CO_2. Стероидные гормоны в ростовую среду не добавляли. Для анализа клетки отбирались в логарифмической фазе роста. Из тотальной РНК с помощью набора TruSeq (Illumina) были приготовлены библиотеки кДНК микроРНК, которые далее секвенировали на приборах MiSeq и HiSeq (Illumina). При сравнении полученных последовательностей с последовательностями зрелых микроРНК базы miRBase v.20 были идентифицированы микроРНК и вычислены профили экспрессии микроРНК анализируемых проб. Культивирование клеток каждой из линий с последующим определением профилей экспрессии микроРНК проводили дважды, с интервалом в 1 год. Сравнение уровней экспрессии осуществляли с помощью пакета edgeR v.3.13.9, исполняемого в среде R. Дифференциальную экспрессию выявляли «классическим» точным тестом. Вариабельность экспрессии микроРНК определяли на основе имеющихся повторностей без учета группового эффекта. В анализ включены микроРНК, зрелые формы которых представлены в анализируемой выборке не менее чем 25 копиями в любом из образцов, показавшие изменение экспрессии при уровне значимости FDR≤0,05.

Результаты и обсуждение. Число определенных последовательностей микроРНК в первой и второй пробе составило для клеток LNCaP 142210 и 2653060 соответственно, а для клеток DU-145 – 101302 и 1799072. При сравнении экспрессии 326 зрелых микроРНК показано усиление экспрессии 44 микроРНК в клетках DU-145 (табл. 1), в то время как для 21 микро-РНК продемонстрирована более интенсивная экспрессия в клетках LNCaP (табл. 2).

Таблица 1. МикроРНК с усиленной экспрессией в клетках DU-145

микроРНК	logFC*	микроРНК	logFC*	микроРНК	logFC*
let-7a-2-3p	7,4	miR-34c-5p	8,4	miR-181d-5p	7,2
miR-10a-5p	3,9	miR-100-3p	14,4	miR-222-3p	2,9
miR-21-3p	4,0	miR-100-5p	8,4	miR-335-3p	5,6
miR-21-5p	2,8	miR-125b-1-3p	11,5	miR-424-3p	5,8
miR-23a-3p	4,5	miR-130a-3p	10,2	miR-424-5p	4,3
miR-23a-5p	4,0	miR-135b-5p	9,0	miR-450a-5p	3,5
miR-24-3p	3,6	miR-138-5p	5,2	miR-455-5p	10,3
miR-27a-3p	4,4	miR-146a-5p	14,7	miR-503-5p	3,8
miR-27a-5p	4,6	miR-147b	6,2	miR-542-3p	3,3
miR-27b-5p	4,0	miR-155-5p	11,3	miR-550a-3p	7,9
miR-29a-3p	3,7	miR-181a-2-3p	5,3	miR-1271-5p	8,6
miR-31-3p	10,2	miR-181a-3p	8,7	miR-1910-5p	4,2
miR-31-5p	11,2	miR-181a-5p	4,1	miR-3617-5p	7,5
miR-34b-5p	7,5	miR-181b-5p	4,2	miR-4792	6,0
miR-34c-3p	8,4	miR-181c-5p	6,6		

Примечание. * – двоичный логарифм отношения экспрессий микроРНК в клетках DU-145 и LNCaP.

Таблица 2. МикроРНК с ослабленной экспрессией в клетках DU-145

микроРНК	logFC*	микроРНК	logFC*	микроРНК	logFC*
let-7b-5p	–3,2	miR-99a-5p	–9,0	miR-486-5p	–2,9
let-7c-3p	–8,7	miR-125b-2-3p	–9,7	miR-561-5p	–3,6
let-7c-5p	–10,1	miR-141-3p	–4,1	miR-582-3p	–3,4
miR-29c-3p	–2,9	miR-148a-3p	–4,0	miR-767-5p	–9,5
miR-29c-5p	–6,4	miR-148a-5p	–4,0	miR-1269a	–7,5
miR-34a-5p	–3,5	miR-200c-3p	–3,1	miR-1269b	–8,1
miR-99a-3p	–11,7	miR-203a	–6,8	miR-4510	–3,3

Примечание. * – двоичный логарифм отношения экспрессий микроРНК в клетках DU-145 и LNCaP.

Различия в экспрессии значительной доли микроРНК, несомненно, связаны с индивидуальными особенностями опухолей, в основе формирования которых лежит случайный, стохастический процесс возникновения наследуемых изменений генома, влияющих на функцию онкогенов и генов-супрессоров опухоли, а также с особенностями микроэволюции конкретного ракового клона. Но в рамках нашего исследования интерес представляли микроРНК, связанные с типом зависимости клеток от андрогенов, поэтому представляется необходимым рассмотреть причины и механизмы потери чувствительности клеток простаты к андрогенам.

К настоящему времени в кодирующем андрогенный рецептор гене *AR* обнаружено 1029 мутаций, 159 из которых связывают с повышением вероятности развития РПЖ [Tan, 2015]. В процессе развития и прогрессии опухоли рака простаты происходит изменение функции андрогенного рецептора, связанное с ослаблением зависимости раковых клеток от уровня андрогенов [Russell, 2003].

Клетки здоровой простаты, а также клетки на ранних стадиях развития рака являются андроген-зависимыми, так как тестостерон необходим для их пролиферации. При дальнейшем развитии РПЖ эти клетки становятся андроген-чувствительными: наличие тестостерона для клеточного роста и развития перестает быть обязательным, но положительный отклик на увеличение его уровня остается значительным. В связи с этим при лечении рака простаты часто используют методы, блокирующие выработку андрогенов. Однако в процессе развития опухоли возникают клоны, клетки которых оказываются гормон-независимыми.

Для изучения механизмов регуляции метаболизма используют различные клеточные модели РПЖ. Так, линия клеток LNCaP, полученная из метастаза в лимфатическом узле, до недавнего времени была единственной стабильной линией клеток рака простаты человека, демонстрирующей чувствительность к андрогенам. Эти клетки содержат аномальные андрогенные рецепторы, с которыми могут конкурентно связываться прогестагены, эстрадиол и антиандрогены, стимулируя как рост клеток, так и продукцию ПСА [Veldscholte et al., 1990]. Клетки линии DU-145, полученной из метастаза в головном мозге, зачастую используют в качестве модели андроген-независимого рака. У них не обнаружены андрогенные рецепторы на мембране клеток, экспрессия 5α-редуктазы и ПСА [Fujimoto et al., 2001].

В основе гормональной независимости лежат наследуемые изменения, подавляющие функцию гена андрогенного рецептора *AR*. К таким изменениям относятся мутации в этом гене, метилирование его промотора, модификация гистонов, а также повышение экспрессии микроРНК, мишенью которых он является. К числу этих микроРНК относятся, в частности, miR-27b, miR-34c, miR-135b и микроРНК семейства miR-181 [Östling , Tong et al., 2014; et al., 2011; Li, Sarkar, 2016]. Для miR-130a мишенью является ген циклин-зависимой киназы-1 (CDK1), которая фосфорилирует белок андрогенного рецептора [Chen et al., 2006]. Эти микроРНК, показавшие увеличение экспрессии в гормон-независимой линии DU-145, могут быть одной из причин, связанных с подавлением функции андрогенного рецептора.

С другой стороны, установлено, что андрогенный рецептор может быть связан с активацией экспрессии ряда микроРНК, таких как miR-99a, let-7c, miR-125b [Sun et al., 2014]. В нашем исследовании показано, что экспрессия этих микроРНК в клетках гормон-независимых линий снижена (табл. 2), в основе чего может лежать ослабление функции гена *AR*. Таким образом, данная группа микроРНК является перспективной для разработки эффективных маркеров гормон-независимости опухоли простаты. Кроме того, показавшие увеличение экспрессии в клетках линии DU-145 микроРНК могут быть полезны при разработке новых принципов терапии РПЖ.

Заключение. Проведенный нами анализ свидетельствует о значительных различиях в регуляции молекулами микроРНК клеточной жизнедеятельности андроген-чувствительных и андроген-независимых линий рака предстательной железы, что, несомненно, углубляет понимание механизмов функционирования клеток на разных стадиях заболевания, но вместе с тем ставит новые вопросы перед практической и фундаментальной биомедициной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Тарасов В.А., Махоткин М.А., и др. Изменение селекции нитей микроРНК при индукции повреждений ДНК // *Докл. Акад. наук*. 2016. Т. 467. № 2. С. 226–228.

Chen S., Xu Y., et al. Androgen receptor phosphorylation and stabilization in prostate cancer by cyclin-dependent kinase 1. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2006. Vol. 103. No 43. P. 15969–15974.

Fujimoto N., Mizokami A., et al. Different expression of androgen receptor coactivators in human prostate. *Urology*. 2001. Vol. 58. No 2. P. 289–294.

Li Y., Sarkar F.H. Role of bioresponse 3,3'-diindolylmethane in the treatment of human prostate cancer: Clinical Experience. *Med. Princ. Pract*. 2016. Vol. 25. Suppl. 2. P. 11–17.

Östling P., Leivonen S.K., et al. Systematic analysis of microRNAs targeting the androgen receptor in prostate cancer cells. *Cancer Res*. 2011. Vol. 71. No 5. P. 1956–1967.

Russell P.J., Jackson P. Human prostate cancer cell lines in prostate cancer methods and protocol. *Methods in Molecular Medicine*. 2003. Vol. 81. P. 21–39.

Shafi A.A., Yen A.E., et al. Androgen receptors in hormone-dependent and castration-resistant prostate cancer. *Pharmacol. Ther*. 2013. Vol. 140. P. 223–238.

Steward B.W., Wild C.P. *World Cancer Report 2014*. Lyon: International Agency for research on cancer, 2014. 630 p.

Sun D., Layer R., et al. Regulation of several androgen-induced genes through the repression of the miR-99a/let-7c/miR-125b-2 miRNA cluster in prostate cancer cells. *Oncogene*. 2014. Vol. 33. No 11. P. 1448–1457.

Tan M.H.E., Li J., et al. Androgen receptor: structure, role in prostate cancer and drug discovery. *Acta Pharmacol. Sin*. 2015. Vol. 36. P. 3–23.

Tong S.J, Liu J., et al. MicroRNA-181 promotes prostate cancer cell proliferation by regulating DAX-1 expression. *Exp. Ther. Med*. 2014. Vol. 8. No 4. P. 1296–1300.

Veldscholte J., Ris-Stalpers C., et al. A mutation in the ligand binding domain of the androgen receptor of human LNCaP cells affects steroid binding characteristics and response to anti-androgens. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 1990. Vol. 173. No 2. P. 534–540.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ *Quercus robur* L. ИЗ ИССКУСТВЕННОЙ ПОПУЛЯЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ЮФУ

В.А. Чохели, Б.Л. Козловский, Т.В. Вардуни, М.М. Середа

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
vachokheli@sfedu.ru

Изучение структуры внутривидового разнообразия и дифференциации в популяции основных лесообразующих видов деревьев с последующий организацией селекционной работы с перспективными образцами является одним из приоритетных направлений. На современном этапе изучение биологического разнообразия на внутривидовом уровне невозможно без привлечения новых генетических методов, к которым относится ISSR-анализ. Ранее в Ботаническом саду ЮФУ был выявлен и описан [Козловский и др., 2015] перспективный образец *Q. robur var. tardiflora,* значительно превышающий по продолжительности онтогенеза статистическую норму.

В связи с этим целью данной работы явилось изучение генетической изменчивости образцов *Q. robur* L. из искусственной популяции Ботанического сада ЮФУ.

Образцы *Q. robur var. praecox* были отобраны из разных генераций: образцы № 1 и № 2 – год посадки 1930-й, образец № 3 – год посадки 1963-й, образцы № 4 и № 5 – год посадки 1975-й. Кроме того, для анализа была взята пирамидальная форма *Q. robur*, полученная из семян от *Q. robur* 'Fastigiata' (образец № 13). Из популяции были отобраны два образца, соответствующие по фенологическому циклу *Q. robur var. tardiflora*: образец № 6 – год посадки 1888-й, и образец № 12 – год посадки 1975-й. Также из семенного поколения *Q. robur var. tardiflora* (образец № 6) для дальнейшего анализа случайным образом были отобраны пять трехлетних сеянцев (образцы № 7–11).

Отличительными признаками фенологической формы *Quercus robur var. tardiflora* в сравнении с *Quercus robur var. praecox* являются:

1) распускание почек, цветение, начало роста побегов и большинство других фенологических фаз происходит на 2–3 недели позже;

2) отмершие листья осенью не опадают и в таком виде остаются на побегах до конца зимы.

У *Quercus robur var. tardiflora* (образец № 6) в семенных поколениях хорошо повторяются фенологические особенности материнского растения: сеянцы начинают вегетировать в среднем на 10 дней позже, чем сеянцы от образцов *Quercus robur var. praecox*.

Экстракция ДНК проводилась сорбентным методом с помощью коммерческого набора «Сорб-ГМО-А» (производство «Синтол») из освобожденных от чешуй покоящихся почек. Маркеры были подобраны из набора "100/9 University British Columbia" (UBC) [Lopez-Aljorna et al., 2007].

Общий объем ПЦР-смеси составляет 25 мкл, с концентрациями в растворе dNTP 25 мМ, $MgCl_2$ 2,5 мМ. Амплификация проводилась на термоциклере T 100 Thermal Cycler (производство BIO-RAD). Протокол амплификации: 1) 94 °C – 1:00; 2) 94 °C – 0:30; 3) 52 °/53 °C – 0:45; 4) 72 °C – 2:00; 5) 34 цикла начиная со второго пункта; 6) 72 °C – 5:00; 7) хранение при 4 °C [Chokheli et al., 2016].

Разделение фрагментов проводили электрофорезом в 2 %-ном агарозном геле с использованием 0,5× TBE-буфера, на мощности 100 В 1,5 часа. Окрашивание ДНК проводили красителем SYBR Green I. Маркер длин ДНК фрагментов 100+ bp DNA Ladder (производство «Евроген»). Документацию проводили в гельдокументирующей системе Gel Doc XR+ с

программным обеспечением Image Lab версии 4.1. Компьютерную обработку полученных электорофореграмм проводили при помощи программы PyElph 1.4, с последующим представлением в виде матрицы бинарных данных. Иерархический кластерный анализ данных проводили методами Unweighted pair-group average (UPGMA) с использованием PyElph 1.4. По матрице состояний с помощью компьютерной программы Winboot [Yap, Nelson, 1996] была составлена матрица сходства и генетической дистанции с использованием коэффициента Жаккарда.

Наиболее информативным оказался маркер с последовательностью $(GA)_8YC$, где Y – любой пиримидин (рис. 1).

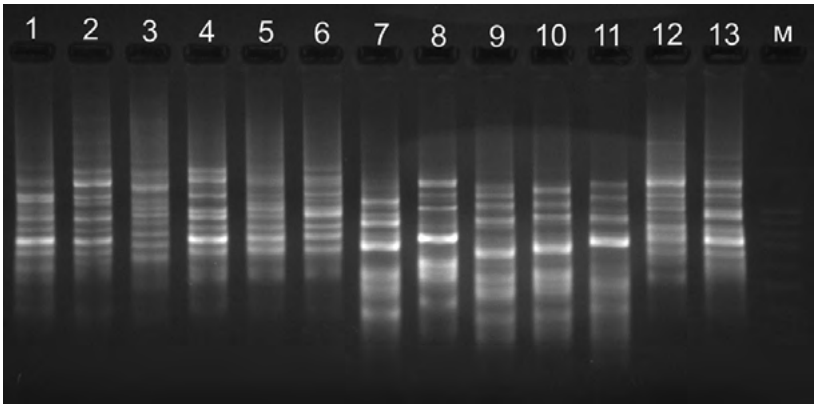


Рис. 1. Результат ПЦР-детекции образцов дуба с маркером UBC 841, 1–13 – номера образцов дуба черешчатого, м – маркер молекулярного размера

На основе данных, полученных после изучения электрофореграмм, нами была построена дендрограмма генетического сходства исследуемых образцов дуба черешчатого при помощи метода для кластерного анализа попарного внутригруппового невзвешенного среднего, или UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (рис. 2).

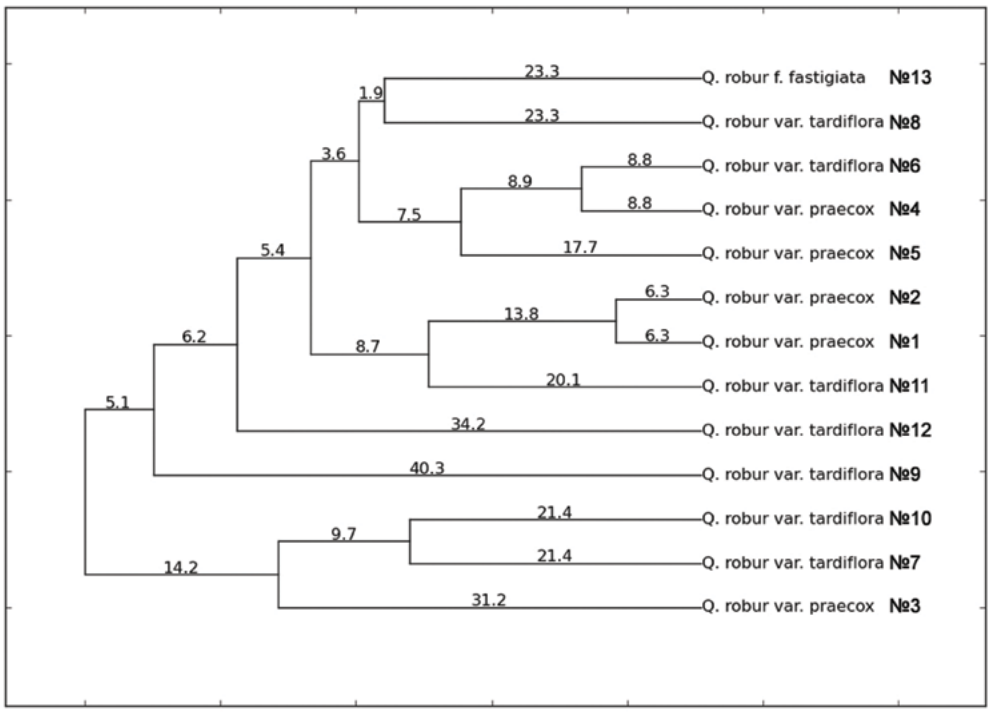


Рис. 2. Дендрограмма, построенная методом UPGMA на основе маркера UBC 841

На полученной дендрограмме видно 4 клады. Образцы под номерами *Q. robur var. praecox* № 3, № 5 и *Q. robur var. tardiflora* № 9, № 11 и № 12 лежат вне клад. Это свидетельствует о высоком полиморфизме исследованных образцов.

Для оценки генетической дифференциации материнского растения и семенного поколения была рассчитана генетическая дистанция (табл. 1).

Таблица 1. Генетическое сходство (под диагональю) и генетическая дистанция (над диагональю) исследуемых образцов *Q. robur var tardiflora*

Образцы	*Q. robur tardiflora* № 6	*Q. robur tardiflora* № 7	*Q. robur tardiflora* № 8	*Q. robur tardiflora* № 9	*Q. robur tardiflora* № 10	*Q. robur tardiflora* № 11
Q. robur tardiflora № 6	1,000000	0,916667	0,666667	0,923077	0,928571	0,750000
Q. robur tardiflora № 7	0,083333	1,000000	1,000000	0,777778	0,666667	1,000000
Q. robur tardiflora № 8	0,333333	0,000000	1,000000	0,833333	1,000000	0,846154
Q. robur tardiflora № 9	0,076923	0,222222	0,166667	1,000000	0,916667	0,916667
Q. robur tardiflora № 10	0,071429	0,333333	0,000000	0,083333	1,000000	0,923077
Q. robur tardiflora № 11	0,250000	0,000000	0,153846	0,083333	0,076923	1,000000

Большинство образцов генетически дифференцированы друг от друга, при этом наиболее генетически удаленными являются пары *Q. robur tardiflora* № 3 и *Q. robur tardiflora* № 4, *Q. robur tardiflora* № 4 и *Q. robur tardiflora* № 6, *Q. robur tardiflora* № 3 и *Q. robur tardiflora* № 7. Наименьшее генетическое расстояние наблюдается между парами *Q. robur tardiflora* № 1 и *Q. robur tardiflora* № 4, *Q. robur tardiflora* № 3 и *Q. robur tardiflora* № 6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Козловский Б.Л., Федоринова О.И., Куропятников М.В. Новый перспективный для зеленого строительства и лесоразведения в Ростовской области образец *Quercus robur* L. // *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. 2015. Т. 2. № 106. С. 580–591. IDA [article ID]: 1061502036. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/36.pdf

Chokheli V., Kozlovsky B., et al. Preliminary Comparative Analysis of Phenological Varieties of Quercus robur by ISSR-Markers. *Journal of Botany*. Vol. 2016. Article ID 7910451, 7 pages, 2016. doi:10.1155/2016/7910451

Lopez-Aljorna A., Bueno M.A., et al. Fingerprinting and genetic variability in cork oak (*Quercus suber* L.) elite trees using ISSR and SSR markers. *Ann. For. Sci.* 2007. No 64. P. 773–779.

Yap I.V., Nelson R.J. WinBoot: A program for performing bootstrap analysis of binary data to determine the confidence limits of UPGMA-based dendrograms. *International Rice Research Institute Fhilippines.* 1996. 22 p.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА КАЧЕСТВО БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н.В. Широкова, Т.С. Савицкая, Т.В. Маар

Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия
donanimalgene@mail.ru

Вода представляет собой важнейшее химическое соединение, определяющее возможность существования жизни на Земле вообще и человека в частности. Здоровье людей – основной показатель качества жизни населения. Хлебобулочные изделия традиционно занимают ведущее место в питании нашей страны. Вода является важнейшим компонентом теста и хлеба, а его качество во многом определяет здоровье нации. Химический состав, микробиологические, токсикологические и органолептические показатели водопроводной воды, которую используют на хлебозаводах, не всегда соответствуют требованиям нормативных документов. Поэтому выпекаемый хлеб зачастую получается низкого качества [Тетерева и др., 1997].

Цель работы – оценить влияние качества используемой технологической воды на качество хлеба «Обычный». Для исследований использовали воду различного качества: водопроводную пос. Персиановский, после фильтрационной очистки, после сорбционной очистки, после дистилляционной очистки.

Тесто готовили безопарным способом согласно рецептуре хлеба «Обычный». Изучали качество воды во всех четырех пробах (цветность, мутность, водородный показатель, щелочность, жесткость, содержание алюминия, железа, марганца, хлора, сульфатов, хлоридов), влажность, кислотность и упругие свойства теста.

Упругие свойства образцов теста исследовались на приборе «Структурометр». Принцип работы прибора основан на измерении воздействия неподвижной насадки на образец (сжатие исследуемого образца продукта с заданной скоростью перемещения столика). Результаты эксперимента регистрировались на мониторе персонального компьютера. В результате испытания получили кривую сжатия, состоящую из двух участков – нагружения и разгружения. Упругую деформацию находили как разность между общей и пластической деформацией.

Результаты исследований качества водопроводной воды пос. Персиановский без очистки представлены в таблице 1, из которой следует, что водопроводная вода без очистки загрязнена по сравнению с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем. Контроль качества. Правила и нормативы» взвешенными веществами (мутность), алюминием, железом и не соответствует требованиям по цветности. Очищенная же любыми предложенными выше способами вода соответствует требованиями СанПиН. Однако в очищенной воде многие минеральные вещества, необходимые при производстве хлеба, к сожалению, присутствуют в меньшем количестве. В дистиллированной воде многие минеральные вещества практически отсутствуют.

Нами были проведены исследования по изучению упругой и пластичной деформации теста в зависимости от качества используемой воды. Было установлено, что меньшей упругостью обладает тесто, приготовленное на дистиллированной воде, оно не обладает способностью восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил. Это подтверждает то, что в процессе брожения теста идет недостаточное газообразование, так как в дистиллированной воде не хватает азота, необходимого для питания дрожжевых клеток, также она характеризуется полным отсутствием минеральных веществ.

Таблица 1. Состав и свойства проб качества воды для проведения исследований

Показатель	Проба водопроводной воды	Проба воды после сорбционной очистки	Проба воды после фильтрационной очистки	Требования СанПиН 2.1.4.1074-01
Цветность, град.	30,0	5	20	До 20
Мутность, мг/л	1,8	0,1	1,5	1,5
Водопроводный показатель, pH	5,2	6,5	6	6–9
Щелочность, мг-экв/л	0,3	0,1	0,7	1,5
Жесткость, мг-экв/л	1,8	0,8	1,5	7,0
Алюминий, мг/л	1,3	0,4	1,3	0,5
Железо, мг/л	1,0	0,1	0,5	0,3
Марганец, мг/л	0,11	0,1	0,1	0,1
Хлор, мг/л	0,6	0,2	0,5	0,3–0,5
Сульфаты, мг/л	20	16	15	500
Хлориды, мг/л	15	12	9,0	350
Аммонийный азот, мг/л	0,4	0,3	0,4	2,0
Минеральные вещества, мг/л	0,5	0,06	0,5	0,95
Na	0,16	0,04	0,2	0,55
K	0,14	0,3	0,7	2,5
Ca	0,8	0,5	0,8	4,5
P	1,0	1,2	1,0	1,5
Mg	1,0	0,5	0,8	4,5

На свойства теста и хлеба оказывает влияние не только вода сама по себе, но и растворенные в ней вещества. Хлеб, приготовленный на чистой дистиллированной воде, уступает по качеству хлебу, приготовленному на фильтрационной воде, содержащей комплекс растворенных минеральных соединений. Растворенные в воде соли оказывают заметное влияние на активность бродильной микрофлоры, свойства теста и качество готового хлеба.

Брожение теста – это этап после замеса теста до его разделки, который характеризуется разрыхлением теста с помощью углекислого газа, выделяющегося в результате деятельности дрожжей, приданием ему определенных структурно-механических свойств, необходимых для последующих операций, а также накоплением веществ, обусловливающих вкус и аромат хлеба, его окраску [Рыбаков, Овсянников, 2011].

На спиртовое брожение оказывают важное влияние следующие факторы: температура, влажность теста, активность дрожжей, качество муки, состав рецептуры, интенсивность замеса теста. Большое значение имеет химический состав исследуемых проб воды. Из таблицы 1 видно, что вода содержит такие вещества, как железо и хлор. Хлор и ионы железа тормозят деятельность бродильной микрофлоры. Фосфатионы и ионы аммония активизируют процессы брожения (необходимы для нормального питания дрожжей). Ионы кальция повышают активность дрожжей, активируют амилолитические ферменты, способствуют укреплению клейковины.

На свойства теста и качество хлеба большое влияние оказывает такой показатель, как жесткость воды (содержащиеся в воде ионы Ca и Mg). Для получения хлеба высокого качества больше всего подходит вода, имеющая средние показатели жесткости (примерно 7 мг-экв/л).

Наибольшей щелочностью обладают пробы воды, прошедшей фильтрационную очистку, а также пробы водопроводной воды, но жесткость водопроводной воды превышает жесткость воды сорбционной и фильтрационной очистки. Дистиллированная же вода бедна минеральными веществами и в ней устранена жесткость. Можно сделать вывод, что воду необходимо очищать фильтрацией либо использовать сорбенты.

Выпекали хлеб в лабораторной печи при температуре 200–210 °С в течение 18–20 минут. В готовом изделии провели оценку органолептических свойств и физико-химических показателей. Использование дистиллированной воды для приготовления хлеба не рекомендуется, так как из нее удалены все минеральные вещества, необходимые для брожения теста. В итоге тесто не приняло необходимого объема, брожение отсутствовало. Хлеб был без вкуса и запаха. При использовании водопроводной воды брожение теста шло интенсивно, но по вкусу такой хлеб уступает хлебу на воде, прошедшей сорбционную и фильтрационную очистку; несколько уступает по объему вариант, приготовленный с использованием воды сорбционной очистки. Можно сделать вывод, что дистиллированная вода не подходит для производства хлеба, поскольку в ней отсутствуют минеральные вещества, которые необходимы нашему организму, к тому же органолептические показатели такого хлеба низкие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лихачева Е.И., Рыбаков Ю.С., Нестерова Т.В. Обогащение булочных изделий // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 11(90). С. 18–19.

Рыбаков Ю.С., Овсянников Ю.А. Оценка влияния качества воды на потребительские свойства пищевых продуктов // *Ползуновский вестник*. 2011. № 2/2. С. 207–211.

Тетерева Л.И., Головков В.Ю., Толкочев А.Н. Экология внутренней среды (проблемы обеспечения безопасности пищевых продуктов) // *Инженерная экология*. 1997. № 5. С. 41–45.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (послесловие) 5
Чинарина А.Д. Уход на взлете… Памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (1966–2015) 8
Дженюк С.Л., Моисеев Д.В. Ученый-океанолог Дмитрий Геннадьевич Матишов 15
Чтобы помнили… 19
Лебедева Н.В. У истоков создания Азовского филиала 35
Громов В.В. Памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова 38
Степаньян О.В. Вклад члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова в морские исследования на Юге России 40
Дмитрий Геннадьевич Матишов. О себе. О профессии. О жизни (выдержки из интервью) 47

Раздел 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА: ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Аверьянова Е.А., Полонский А.Б., Санников В.Ф. О резких климатических изменениях, связанных с термохалинной циркуляцией 55
Баянкина Т.М., Михайлова Н.В., Сизов А.А., Юровский А.В. Условия формирования зимней поверхностной температуры Чёрного моря в разные фазы индекса Северо-Атлантического колебания 59
Варшанина Т.П. Интеллектуальные модели прогнозирования климатических процессов 63
Вышкваркова Е.В., Коваленко О.Ю., Воскресенская Е.Н. Экстремальная температура и осадки на юге России и их связь с глобальными климатическими процессами 66
Григорьева Е.А. Пространственно-временная динамика волн тепла на юге Дальнего Востока 70
Данова Т.Е. Динамика климатических изменений в Причерноморском регионе 74
Данова Т.Е., Никифорова М.П. Особенности современных изменений среднемесячных температур на территории Крымского полуострова 77
Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Влияние климатических факторов на молодь камчатского краба в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море) 81
Евстигнеев В.П., Лемешко Н.А., Наумова В.А., Евстигнеев М.П. Типы пространственно-временного распределения температурных аномалий в Азово-Черноморском регионе и их связь с характерными режимами циркуляции атмосферы 84
Ергина Е.И., Жук В.О. Анализ проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений в Крыму 87
Жичкин А.П. Межгодовые и сезонные колебания ледовитости морей российского сектора Арктики 91
Зубова Л.Г., Руденко Я.Н., Арутюнян К.Г., Мельянцев Д.А. Климатические особенности г. Луганска 95
Йошпа А.Р., Денисов В.И., Козлова А.Г. Многолетний режим осадков на восточном побережье Азовского моря 101
Клещенков А.В., Сорокина В.В. Перераспределение стока по рукавам дельты Дона в условиях маловодья 104
Коваленко О.Ю., Воскресенская Е.Н. Изменения экстремальной температуры воздуха в Причерноморском регионе в XXI веке 108
Лубков А.С., Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Пространственно-временная классификация явлений Эль-Ниньо 112
Марчукова О.В., Лубков А.С., Воскресенская Е.Н. Проявления событий Ла-Нинья в гидрометеорологических условиях Азово-Черноморского региона 115

Михайлова Н.В., Баянкина Т.М., Сизов А.А. Особенности крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана в морях Западной Арктики в зимний период ... 118
Намруева Л.В. Опустынивание в Калмыкии: действия сельского социума ... 122
Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. Тренды некоторых сопряженных характеристик черноморской экосистемы. Возможности их диагностики и прогнозирования ... 124
Ткаченко Ю.Ю. Денисов В.И. Изменчивость гидрофизических полей предпроливной зоны восточной части Чёрного моря в результате климатического изменения гидрометеорологических факторов ... 128

Раздел 2. ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

Глущенко Г.Ю. Бактериопланктон Азовского моря летом 2012 г. ... 137
Григоренко К.С., Хартиев С.М., Соловьев А.Н., Соловьева А.А. Сезонная изменчивость вертикальной стратификации вод Чёрного моря по данным экспедиционных съемок ЮНЦ РАН ... 140
Давыденко Д.Б. Возможности использования метода дистанционной флюидоиндексации при прогнозировании нефтегазоносности северных территорий России (на примере Гыданского залива) ... 143
Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Разнообразие фауны планктона Баренцева моря ... 147
Дружкова Е.И., Макаревич П.Р., Олейник А.А. Первая массовая находка живых диатомовых на глубоководном арктическом шельфе ... 151
Иванов В.А., Лукьянова А.Н., Багаев А.В., Залесный В.Б. О приливных и собственных колебаниях Чёрного моря ... 154
Ильин Г.В., Усягина И.С., Моисеев Д.В., Касаткина Н.Е., Валуйская Д.А. О роли объектов инфраструктуры атомного флота в загрязнении Баренцева моря (на примере хранилища радиоактивных отходов в губе Андреева) ... 157
Инжебейкин Ю.И. Фактор взаимодействия реки и моря в устьевых экосистемах в приливных морях Арктики ... 162
Ионов В.В., Сандалюк Н.В. Мониторинг климатически значащих характеристик поверхности Южного океана на основе спутниковых и натурных наблюдений ... 166
Ионов В.В., Май Р.И., Рубченя А.В., Смагин Р.Е. Приливы и приливные течения в губе Кереть (Кандалакшский залив, Белое море) ... 168
Казанин Г.С., Заяц И.В., Макаров Е.С., Павлов С.П., Шкарубо С.И. Геолого-геофизические исследования шельфовых морей и глубоководных бассейнов Северного Ледовитого океана в XXI веке: достижения и проблемы ... 173
Касаткина Н.Е., Усягина И.С., Ильин Г.В., Матишов Г.Г., Солатие Д., Леппанен А.-П., Налбандян А., Бердников С.В., Кулыгин В.В. Современное состояние и потенциальные риски радиоактивного загрязнения морских и наземных экосистем Евро-Арктики (по материалам международного проекта CEEPRA) ... 177
Кириленко Н.Ф., Евстигнеев В.П. Многомерное статистическое восстановление полей гидрооптических характеристик поверхностного слоя Чёрного моря, полученных на основе данных спутникового зондирования ... 181
Ковалева Г.В. Виды-вселенцы в фитопланктоне Азово-Черноморского бассейна: проблемы изучения ... 185
Коляда М.Н., Осипова В.П., Берберова Н.Т., Милаева Е.Р., Пименов Ю.Т. Использование фосфорсодержащего фенола для повышения жизнеспособности спермиев осетровых рыб ... 193
Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Макрозообентос зоны псевдолиторали восточного побережья Крыма ... 195
Краснов Ю.В., Ежов А.В. Материковые миграции моевок (*Rissa tridactyla*) Восточного Мурмана (Кольский п-ов, Баренцево море) ... 199
Кузнецов А.С., Бондур В.Г., Иванов В.А., Морозов А.Н., Шаповалов Ю.И. Исследование мелкомасштабной динамики вод в прибрежной зоне Крыма ... 201
Кукушкин А.С., Хорошун С.А. Сезонные изменения прозрачности и биооптических характеристик в поверхностных водах в районе юго-западного побережья Крыма ... 205

Ланин В.И. Продуктивные экосистемы индийского сектора Южного океана: особенности их формирования и функционирования 209
Лисицкая Е.В., Болтачева Н.А. Полихеты, вселившиеся в Азово-Черноморский бассейн в конце XX – начале XXI века....213
Миронюк С.Г., Мысливец В.И. Геолого-геоморфологические процессы на морском дне....216
Олейников Е.П., Григоренко К.С., Клещенков А.В. Изменчивость термохалинной структуры Азовского моря (по данным экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в 2015 г.)....220
Парада С.Г., Алексеенко В.С. Возможности использования величины pH донных осадков для оценки нефтегазоносности шельфа Чёрного моря 223
Сапрыгин В.В., Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В., Бердников С.В. Пространственно-временное распределение концентрации хлорофилла «а» в Азовском море по данным дистанционного зондирования Земли 226
Сухонос П.А., Полонский А.Б. Сезонная изменчивость межгодовых флуктуаций бюджета тепла верхнего слоя Северной Атлантики....230
Терентьев А.С. Зообентос Бакальской косы (Каркинитский залив, Чёрное море) 234
Тимошенко Т.Ю., Фомина И.Н., Полозок А.А. Солеобмен через Керченский пролив по результатам экспедиционных съемок за период 1971–1998 гг. 238
Ткач А.В., Облучинская Е.Д. Сравнительное исследование содержания полифенолов и фитостеринов в бурых водорослях *Fucus vesiculosus* Мурманского побережья Баренцева моря....242
Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Условия, способствующие увеличению сезонного загрязнения северо-восточной (предпроливной) зоны Чёрного моря 245
Усягина И.С., Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Польшин В.В. Радиоактивное загрязнение Азовского моря (1966–2015 гг.)....248
Широколобова Т.И., Павлова М.А., Венгер М.П. Вириопланктон карскоморских мелководий 252
Яицкая Н.А. Адаптация спектральной волновой модели SWAN к условиям бассейна Каспийского моря....255
Ясакова О.Н., Околодков Ю.Б. Развитие кокколитофорид в северо-восточной части Чёрного моря....259

Раздел 3. ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Брагина Т.М. Перспективы включения номинации «Нижний Дон» в список водно-болотных угодий международного значения 265
Буфетова М.В. Нормирование потока поступления свинца в Азовское море по биогеохимическим критериям....268
Ващенко П.С., Моисеев Д.В. Выявление ключевых районов негативных социально-экономических процессов в береговой зоне Баренцева моря в ходе экспедиционных контактных наблюдений и при обработке данных дистанционного зондирования Земли 272
Гасанова А.Ш., Гусейнов К.М., Гусейнов М.К. К изучению фитопланктона Каспийского моря....276
Горовцов А.В., Зимин А.А. Выделение, очистка и микробиологический анализ разнообразия бактериофагов кишечной палочки из проб поверхностных и сточных вод, отобранных на территории г. Ростова-на-Дону....278
Гунаев Е.А. К вопросу о концепции локального обводнения территории Республики Калмыкия: современное состояние и проблемы 282
Гусейнов К.М., Гусейнов М.К. Биоценоз *Pontogammarus maeoticus* дагестанского побережья Каспия....285
Ерохина И.А., Минзюк Т.В., Кондаков А.А., Кавцевич Н.Н. К оценке физиологического статуса морских млекопитающих в системе экологического мониторинга Арктики...286
Журавлева Н.Г., Oddvar Ottesen, Федотова Л.В. Биотехнология разведения чистильщика радужного губана (*Labrus bergylta*) 289
Зубова Л.Г., Гречка В.А., Пахалкин К.С. Особенности водоснабжения г. Луганска 291

Климова Ю.Ю. Проблема сохранения качества природных вод урбанизированных территорий....294
Клиндух М.П. Влияние возраста и места произрастания на состав и содержание свободных аминокислот бурой водоросли *Fucus vesiculosus* L. 297
Мирзоева Н.Ю., Архипова С.И. Современное радиоэкологическое состояние соленых озер Крыма 300
Мохов А.В., Трощенко В.В. Проблемы сохранения и использования водных ресурсов Восточного Донбасса 304
Назимко Е.И., Корчевский А.Н., Чудаева Г.В., Малько С.В. Численные методы моделирования в приложении к экологическим проблемам....307
Никаноров А.М. Некоторые фундаментальные свойства водных экосистем (неизученные и слабоизученные проблемы) 310
Пархоменко А.В., Кукушкин А.С. Исследование потоков поступления фосфора в северо-западную часть Чёрного моря....313
Рыжик И.В., Колбеева М.В. Влияние дизельного топлива на состояние антиоксидантной системы в клетках *Fucus vesiculosus* 317
Сафронова Л.М., Шляхова Н.А., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф., Лужняк О.Л., Живоглядова Л.А., Ковалев Е.А., Хренкин Д.В. Планктон и бентос Весёловского водохранилища в 2015 г. 319
Светочева О.Н., Светочев В.Н. О качественном составе питания ластоногих по результатам исследований 2001–2016 гг. (Белое, Баренцево, Карское моря)....321

Раздел 4. ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОТЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ажогина Т.Н., Илюшкина Л.Н. Видовой состав актиномицетов, выделенных из почв рекреационных зон городов Ростовской области....327
Александров В.В. Размерно-массовая и возрастная структура ценопопуляций *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh в бухте Ласпи (Крым) 331
Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Савикин А.И., Шохин И.В., Терсков Е.Н. Макрозообентос дельты Дона осенью 2014 г. 335
Бурдиян Н.В. Количественные показатели сульфатредуцирующих бактерий в прибрежных наносах пляжей Севастополя (Чёрное море) 339
Долженко М.В., Илюшкина Л.Н. Родовой состав бактерий, выделенных из почв рекреационных зон городов Ростовской области....341
Дюжова К.В. Результаты спорово-пыльцевого анализа голоценовых отложений Азовского моря 343
Епринцев С.А., Архипова О.Е., Шекоян С.В. Использование данных дистанционного зондирования для оценки транспортной нагрузки (как фактора экологической безопасности) урбанизированных территорий (на примере г. Воронежа) 347
Ермолаев А.И. Аутэкология мелкого сокола – кобчика (*Falco vespertinus*, Falconiformes, Falconidae) в пределах ареала: сравнительный аспект....351
Ильин В.Н., Беспалова Л.А., Сушко К.С. Анализ эрозионного смыва как метод определения степени антропогенной нагрузки на природные комплексы (на примере Чувашской Республики)....357
Ковалев В.В., Парада С.Г. Закономерности распределения микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря....361
Колючкина Г.А., Чикина М.В., Бирюкова С.В., Булышева Н.И., Коваленко Е.П., Прохорова Т.Д., Козловский В.В. Ретроспективный анализ популяции двустворчатого моллюска-вселенца *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) на северо-восточном побережье Чёрного моря....364
Кренёва К.В. Расширение ареалов распространения черноморских видов тинтиннид в бассейне Азовского моря 368
Кулиш А.В., Левинцова Д.М. К вопросу о состоянии популяции каменной креветки *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) озера Чурбашское 371

Лазоренко Г.Е., Коротков А.А. Природный радионуклид ^{210}Po в морской биоте и среде: поступление, аккумулирование и индикация экологического состояния.....375
Макаревич П.Р. Изменение ледового покрова и первичные продуценты морских арктических экосистем: распределение в пространстве и во времени 379
Малько С.В. Адаптационные возможности гусеобразных (биохимические предпосылки) 382
Мысливец В.И. Развитие рельефа и массовые вымирания биоты 386
Саяпин В.В. Желетелый макрозоопланктон Азовского моря (2012–2014 гг.).....390
Свистунова Л.Д. Таксономический обзор фауны коловраток Азовского моря.....394
Семенова А.Ю., Малько С.В., Пашаян В.Э. Адвентивные виды Казантипского природного заповедника 398
Серюкова Н.С., Хархун Е.В., Полякова А.В. Антагонистическая активность актиномицетов, выделенных из почв города Ростова-на-Дону.....401
Сидаренко П.В., Сидаренко Д.П. География, динамика лесных пожаров и современное состояние лесных массивов Юга России 403
Сушко К.С. Содержание гумуса в почвах сухостепных ландшафтов юго-востока Ростовской области под разными типами землепользования.....407
Терещенко Н.Н. Оценка уровней хронического действия дозовых нагрузок от $^{239+240}$Pu на гидробионты и их роли в миграции плутония в черноморских прибрежных экосистемах.....410
Шматко В.Ю., Ильина Л.П. Особенности фауны нематод сухостепных почв юго-восточных районов Ростовской области 414

Раздел 5. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Воскобойников Г.М., Кудрявцева Е.О., Морозов Г.А. Преобразования в ультраструктуре энергетического аппарата у *Laminaria saccharina = Saccharina latissima* при спорогенезе, раннем онтогенезе и старении 421
Гетманцева Л.В., Леонова М.А., Усатов А.В., Бакоев С.Ю. Многоплодие гибридных свиноматок F1 различных генотипов гена ESR1.....424
Дорошенко Е.С., Костылев П.И., Шишкин Н.В. Скрининг селекционного и коллекционного материала озимого и ярового ячменя по устойчивости к мучнистой росе и гельминтоспориозным пятнистостям 426
Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макроэпифитон культивируемой черноморской водоросли *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) 429
Леонова М.А., Усатов А.В., Гетманцева Л.В., Радюк А.В. Полиморфизм ДНК-маркеров у свиней крупной белой породы.....432
Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Анализ наследования ширины флагового листа у гибридов F_2 мягкой озимой пшеницы 435
Пахомов М.В., Михайлюк А.Л. Исследование цветовосприятия серых тюленей при естественном и искусственном освещении.....439
Пиркова А.В., Ладыгина Л.В., Холодов В.И. Зависимость темпа роста личинок рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) от концентрации корма и плотности их посадки 442
Пономарева Е.Н., Ильина Л.П., Соколова Т.А., Польшина Т.Н. Аквапоника в биотехнологии аквакультуры в модульной установке замкнутого водоснабжения.....445
Попов С.С., Костылев П.И. Влияние многолетнего разнонаправленного отбора по продуктивности метелки на урожайность гибридов риса.....449
Сойер В.Г., Алешина Е.Г., Матишов Д.Г. Формирование и предупреждение неблагоприятных условий обитания рыб в системе УЗВ (на примере аквакомплекса «Кагальник»).....454
Тютякина М.Г., Махоткин М.А., Тарасов В.А. Создание трансфицирующих векторов для анализа роли miR-34a в регуляции клеточных процессов.....458
Цикуниб А.Д., Гончарова С.А., Дьяченко Ю.А. Разработка функционального продукта питания на основе гидролизата соевого белка, обогащенного йодом и селеном 461

Раздел 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АЗОВСКОМ МОРЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ («АЗОВСКОЕ СИДЕНИЕ»)

Зубова Л.Г., Романов И.В. Береговые процессы Азовского моря....467
Кулыгин В.В. Концепция оценки рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности....471
Третьякова И.А., Чикин А.Л., Бердников С.В. Опыт оперативного прогнозирования нагонных явлений в дельте Дона в теплый период (апрель – октябрь) 2015 года....475
Цыганкова А.Е., Бердников С.В., Сорокина В.В., Алешина Е.Г. Модельно-экспериментальный подход к изучению поведения соединений тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd) в устьевой области Дона....478
Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. О роли резонансного механизма в возникновении экстремально высоких амплитуд сгонно-нагонных колебаний и сейш в Азовском море....480

Раздел 7. НОВЫЕ БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ЭКОЛОГОЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Арапова Ю.Ю., Войнов В.Б., Вербицкий Е.В. Влияние средств массовой информации на организацию сна и бодрствования подростков....489
Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Чибичян М.Б., Коган М.И., Айдинов Г.Т., Синельникова Ю.А. «Горячие точки» заболеваемости раком предстательной железы в Ростовской области. Пространственно-временная статистика....491
Белишева Н.К., Воскобойников Г.М. Водоросли и иглокожие Баренцева моря в лечебно-профилактической практике....495
Вербицкий Е.В. Окружающая среда и сон....496
Войнов В.Б., Кульба С.Н. Мониторинг параметров роста и развития детей школьного возраста в контексте оценки комфортности проживания человека на территориях Ростовской области....497
Зимин А.А., Ашина Н.В., Назипова Н.Н. Предсказание молекулярной ниши бактериофагов Т4-типа в типичных для них биоценозах на основе биоинформационного и структурного анализа высоковариабельного антигена капсида....500
Черногубова Е.А., Коган М.И., Чибичян М.Б. Ангиотензинпревращающий фермент (АПФ) – прогностический маркер рецидива рака предстательной железы....504

МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ»

Антонова Н.А., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Реализация биотехнологий для очистки сточных вод ресурсосберегающими композитными пористыми материалами....510
Бушман Н.Ю., Малюченко Е.А., Болянова С.В., Шелег В.А. Молекулярное маркирование локусов, определяющих размеры зерновки российских сортов риса....513
Вардуни Т.В., Капралова О.А., Королева О.Г., Сизова А.А., Чохели В.А., Вардуни В.М. Влияние наночастиц оксида цинка и диоксида титана на растения редиса посевного (*Raphanus sativus*)....515
Васильев С.М., Домашенко Ю.Е., Митяева Л.А. Применение нового способа рекультивации нарушенных орошаемых земель в аспекте биотехнологии сельскохозяйственного производства....518
Гончаров Н.П., Кузнецова А.Е., Туманян С.Р. Таксономически значимые признаки, архитектоника и филогения пшениц....521
Ковалевич А.А., Усатов А.В., Азарин К.В., Макаренко М.С., Костылев П.И. Исследование SSR-маркеров, ассоциированных с геном устойчивости риса к длительному затоплению – Sub1A....522
Коган М.И., Черногубова Е.А., Чибичян М.Б., Мационис А.Э., Повилайтите П.Э., Павленко И.А. Рецепторы ангиотензина II второго типа – предикторы рецидива рака предстательной железы....525

Колосов А.Ю., Бакоев С.Ю., Леонова М.А., Гетманцева Л.В. Информационный критерий Шеннона для оценки влияния ДНК-макеров на продуктивность свиней 529
Колосов Ю.А., Гетманцева Л.В.,Широкова Н.В., Бакоев Н.Ф., Карабиневский А.Н. Полиморфизм гена CAST/MspI у мериносовых овец, разводимых в Ростовской области 532
Красильникова А.А. Биотехнология низкотемпературного консервирования репродуктивных клеток рыб 536
Кудашкина Е.Б., Костылев П.И. Сравнительный анализ наследования высоты растений у гибридов риса второго-третьего поколений 539
Кузов А.А., Фирсова А.В. Способ содержания маточного стада африканского сома совместно с аквапонными растениями в бассейнах УЗВ.....542
Мазанко М.С., Празднова Е.В., Буруян В.Н., Чистяков В.А. Влияние времени культивирования на уровень мутагенеза бактерий 544
Макаренко М.С., Усатов А.В., Маркин Н.В., Логачева М.Д., Шамова Т.В. Исследование хлоропластного и митохондриального геномов у внеядерного хлорофильного мутанта подсолнечника en:chlorina-7 547
Мараховская Т.А. Частота полиморфного варианта -1607insG гена MMP1 в тканях материнского и зародышевого происхождения при невынашивании беременности.....550
Набока А.В. Влияние транскрипционных и посттранскрипционных этапов биогенеза микроРНК на ее наследуемую аберрантную экспрессию при действии митомицина С 552
Олейников Е.П., Стахеев В.В., Кондаков А.А. О генетическом разнообразии каспийского тюленя.....555
Тажбаева Д.С. Адаптация азовской популяции пиленгаса (*Lisa haematocheilus*) к условиям выращивания в УЗВ 557
Усатов А.В., Леонова М.А., Горбулич И.А., Григорьева М.В., Залесская Е.Г. Полиморфизм гена пролактина (PRL) и его связь с продуктивными качествами сельскохозяйственных животных.....560
Фомина Е.С. Таксономический статус *Glaucopsyche alexis aeruginosa* (Lepidoptera: Lycaenidae) 563
Хачумов В.А., Усатов А.В., Азарин К.В., Макаренко М.С., Костылев П.И. Исследование ДНК-маркеров, ассоциированных с солеустойчивостью риса 564
Чеботарев Д.А., Махоткин М.А. Различия профилей экспрессии микроРНК в клетках гормон-чувствительных и гормон-независимых линий рака простаты.....568
Чохели В.А., Козловский Б.Л., Вардуни Т.В., Середа М.М. Генетический анализ фенологических форм Quercus robur L. из искусственной популяции Ботанического сада ЮФУ 572
Широкова Н.В., Савицкая Т.С., Маар Т.В. Влияние качества воды на качество булочных изделий.....575

TABLE OF CONTENTS

Matishov, G.G. Foreword (epilogue) 5
Chinarina, A.D. Leaving during the ascent…
In memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov (1966–2015) 8
Dzhenyuk, S.L. and D.V. Moiseev. Scientist-oceanologist Dmitry Gennadyevich Matishov 15
So that to remember… 19
Lebedeva, N.V. At the outset of establishment of the Azov Branch 35
Gromov, V.V. In memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov 38
Stepan'yan, O.V. The contribution of Corresponding Member RAS D.G. Matishov
to marine studies in the South of Russia 40
Dmitry Gennadyevich Matishov. About himself. About profession.
About life (interview extracts) 47

Chapter 1. CLIMATE CHANGE: GLOBAL AND REGIONAL EFFECTS

Aver'yanova, E.A., Polonsky, A.B., Sannikov, V.F. On sharp climatic changes connected to
thermohaline circulation 55
Bayankina, T.M., Mikhailova, N.V., Sizov, A.A., Yurovsky, A.V. Formation conditions of the Black
Sea winter surface temperature in different phases of the North Atlantic oscillation index 59
Varshanina, T.P. Intellectual models to forecast climatic processes 63
Vyshkvarkova, E.V., Kovalenko, O.Yu., Voskresenskaya, E.N. Extreme temperature
and precipitation in the South of Russia and their links with the global
climatic processes 66
Grigor'eva, E.A. Spatial-temporal dynamics of heat waves in the South of the Far East 70
Danova, T.E. Dynamics of climatic changes in the Black Sea Region 74
Danova, T.E., and M.P. Nikiforova. Specific features of current changes of the mean
monthly temperature values on the territory of the Crimean Peninsula 77
Dvoretsky, A.G., and V.G. Dvoretsky. The impact of climatic factors on the Kamchatka crab
juveniles in the Dalnezelenetskaya Bay (The Barents Sea) 81
Evstigneev, V.P., Lemeshko, N.A., Naumova, V.A., Evstigneev, M.P. The types of spatial-
temporal distribution of temperature anomalies in the Sea of Azov – Black Sea Region
and their connection to typical regimes of atmosphere circulation 84
Ergina, E.I., and Zhuk, V.O. Analysis of manifestation of dangerous and natural
(disaster) hydrometeorological phenomena in the Crimea 87
Zhichkin, A.P. Inter-annual and seasonal fluctuations of ice conditions in the seas
of the Russian Arctic 91
Zubova, L.G., Rudenko, Ya.N., Arutyunyan, K.G., Mel'yantsev, D.A. Specific climatic
features of the city of Lugansk 95
Yoshpa, A.R., Denisov, V.I., Kozlova, A.G. Long-term precipitation regime in the eastern
coastal area of the Sea of Azov 101
Kleshchenkov, A.V., and V.V. Sorokina. Redistribution of the runoff along the Don Delta
branches under the low water content conditions 104
Kovalenko, O.Yu., and E.N. Voskresenskaya. The changes of extreme values of air
temperature in the Black Sea Region in the 21st century 108
Lubkov, A.S., Voskresenskaya, E.N., Marchukova, O.V. Spatial-temporal classification
of the El Niño 112
Marchukova, O.V., Lubkov, A.S., Voskresenskaya, E.N. Manifestations of the La Niña events
under the hydrometeorological conditions of the Sea of Azov – Black Sea Region 115
Mikhailova, N.V., Bayankina, T.M., Sizov, A.A. Specific features of a large-scale
interaction of atmosphere and ocean in the Western Arctic seas in winter period 118
Namrueva, L.V. Desertification in Kalmykia: actions of the rural social stratum 112

Panov, B.N., and E.O. Spiridonova. Trends of some coupled characteristics of the Black Sea ecosystem. Possibilities of their diagnostics and forecast 124
Tkachenko, Yu.Yu., and V.I. Denisov. Variability of hydro-physical fields of the Eastern Black Sea pre-strait area as a result of climatic change of hydrometeorological factors 128

Chapter 2. PROBLEMS OF THE WORLD OCEAN'S EXPLORATION AND EXPLOITATION

Glushchenko, G.Yu. Bacterioplankton of the Sea of Azov in summer 2012 137
Grigorenko, K.S., Khartiev, S.M., Solov'ev, A.N., Solov'eva, A.A. Seasonal variability of the Black Sea waters' vertical stratification according to SSC RAS expedition surveys' data 140
Davydenko, D.B. Application possibilities of remote fluid-indexation method when forecasting oil and gas accumulation potential of the northern territories of Russia (the Gydan (Khalmyer) Bay being exemplified) 143
Dvoretsky, V.G., and A.G. Dvoretsky. Diversity of the Barents Sea plankton fauna 147
Druzhkova, E.I., Makarevich, P.R., Oleinik, A.A. The first mass registration of live diatoms on the deepwater Arctic shelf 151
Ivanov, V.A., Luk'yanova, A.N., Bagaev, A.V., Zalesnyi, V.B. On tidal and its own fluctuations in the Black Sea 154
Il'in, G.V., Usyagina, I.S., Moiseev, D.V., Kasatkina, N.E., Valuiskaya, D.A. On the role of infrastructure objects of the atom fleet in the Barents Sea contamination (radioactive wastes storage facilities in the Andreeva Bay being exemplified) 157
Inzhebeikin, Yu.I. A factor of interaction between a river and a sea in the estuarine ecosystems of the Arctic tidal seas 162
Ionov, V.V., and N.V. Sandalyuk. Monitoring of climatically significant characteristics of the surface of the Southern Ocean based on satellite and on-site observations 166
Ionov, V.V., Mai, R.I., Rubchenya, A.V., Smagin, R.E. Tides and tidal currents in the Keret Bay (Kandalaksha Gulf, White Sea) 168
Kazanin, G.S., Zayats, I.V., Makarov, E.S., Pavlov, S.P., Shkarubo, S.I. Geological-geophysical studies of the shelf seas and deepwater basins of the Arctic Ocean in the 21st century: achievements and problems 173
Kasatkina, N.E., Usyagina, I.S., Il'in, G.V., Matishov, G.G., Solatie, D., Leppänen A.-P., Nalbandyan, A., Berdnikov, S.V., Kulygin, V.V. Current state and potential risks of radioactive contamination of the Euro-Arctic marine and terrestrial ecosystems (based on the CEEPRA International Project) 177
Kirilenko, N.F., and V.P. Evstigneev. Multidimensional statistical restoration of fields of hydro-optical characteristics of the Black Sea surface layer obtained on the basis of satellite probing data 181
Kovaleva, G.V. Introduced species in the phytoplankton of the Sea of Azov – Black Sea Basin: problems of studying 185
Kolyada, M.N., Osipova, V.P., Berberova, N.T., Milaeva, E.R., Pimenov, Yu.T. Application of phosphorus-containing phenol to increase the viability of the sturgeon fish species sperm 193
Kopyi, V.G., and L.V. Bondarenko. Macrozoobenthos of pseudo-littoral zone of the eastern coast of the Crimea 195
Krasnov, Yu.V., and A.V. Ezhov. Continental migrations of kittiwakes (*Rissa tridactyla*) of Eastern Murman (Kola Peninsula, Barents Sea) 199
Kuznetsov, A.S., Bondur, V.G., Ivanov, V.A., Morozov, A.N., Shapovalov, Yu.I. The study of small-scale dynamics of waters in the coastal zone of the Crimea 201
Kukushkin, A.S., and S.A. Khoroshun. Seasonal variability of transparency and bio-optical characteristics in the surface water in the south-western coastal area of the Crimea 205
Lanin, V.I. Productive ecosystems of the Indian sector of the Southern Ocean: specific features of formation and functioning 209

Lisitskaya, E.V., and N.A. Boltacheva. Polychaeta got to the Sea of Azov – Black Sea Basin in the late 20th – early 21st centuries 213
Mironyuk, S.G., and V.I. Myslivets. Geological-geomorphologic processes at the sea bottom 216
Oleinikov, E.P., Grigorenko, K.S., Kleshchenkov, A.V. Variability of the Sea of Azov thermohaline structure according to SSC RAS expedition data of 2015 220
Parada, S.G., and V.S. Alekseenko. Application possibilities of pH value of bottom sediments to assess oil and gas accumulation potential of the Black Sea shelf 223
Saprygin, V.V., Kulygin, V.V., Dashkevich, L.V., Berdnikov, S.V. Spatial-temporal distribution of chlorophyll-a concentration in the Sea of Azov based on remote sensing data 226
Sukhonos, P.A., and A.B. Polonsky. Seasonal variability of inter-annual fluctuations of the Northern Atlantic upper layer heat budget 230
Terent'ev, A.S. Zoobenthos of the Bakalskaya Spit (Karkinit Bay, Black Sea) 234
Timoshenko, T.Yu., Fomina, I.N., Polozok, A.A. Salt (salinity) exchange via the Kerch Strait by the results of expedition surveys for the period of 1971–1998 238
Tkach, A.V., and E.D. Obluchinskaya. Comparative study of content of polyphenols and phytosterins in brown algae *Fucus vesiculosus* of the Murmansk coast of the Barents Sea 242
Tkachenko, Yu.Yu., and V.I. Denisov. Conditions contributing to the increase of seasonal contamination of the north-eastern (pre-strait) area of the Black Sea 245
Usyagina, I.S., Matishov, G.G., Kasatkina, N.E., Pol'shin, V.V. Radioactive contamination of the Sea of Azov (1966–2015) 248
Shirokolobova, T.I., Pavlova, M.A., Venger, M.P. Virioplankton of the Kara Sea water shallow areas 252
Yaitskaya, N.A. Adaptation of the SWAN spectral wave model to the conditions of the Caspian Sea Basin 255
Yasakova, O.N., and Yu.B. Okolodkov. Development of coccolithophores in the North-eastern Black Sea 259

Chapter 3. WATER RESOURCES' CONSERVATION AND EXPLOITATION PROBLEMS

Bragina, T.M. The prospects of inclusion of the nomination of site «The Lower Don» to the List of Wetlands of International Importance 265
Bufetova, M.V. The rationing of inflow of lead to the Sea of Azov according to biogeochemical criteria 268
Vashchenko, P.S., and D.V. Moiseev. Determination of the key areas of negative socio-economic processes in the Barents Sea coastal zone during expedition contact observations and when processing remote sensing data 272
Gasanova, A.Sh., Guseinov, K.M., Guseinov, M.K. On the study of the Caspian Sea phytoplankton 276
Gorovtsov, A.V., and A.A. Zimin. Extraction, purification, and microbiological analysis of bacteriophage diversity of intestinal bacillus from surface and sewage water samples collected on the territory of the city of Rostov-on-Don 278
Gunaev, E.A. On the concept of local irrigation of the territory of the Republic of Kalmykia: current status and problems 282
Guseinov, K.M., and M.K. Guseinov. Pontogammarus maeoticus biocenosis of Dagestan coast of the Caspian Sea 285
Erokhina, I.A., Minzyuk, T.V., Kondakov, A.A., Kavtsevich, N.N. On the assessment of physiological status of marine mammals in the system of ecological monitoring of the Arctic 286
Zhuravleva, N.G., Oddvar Ottesen, Fedotova, L.V. Biotechnology of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) cultivation 289
Zubova, L.G., Grechka, V.A., Pakhalkin, K.S. Specific features of water supply in the city of Lugansk 291
Klimova, Yu.Yu. The preservation problem of natural water quality on the urbanized territories 294

Klindukh, M.P. The impact of age and growing area on the composition and content of free amino acids of *Fucus vesiculosus* L. brown alga 297
Mirzoeva, N.Yu., and S.I. Arkhipova. Current radio-ecological status of salt lakes of the Crimea 300
Mokhov, A.V., and V.V. Troshchenko. Conservation and exploitation problems of the Eastern Donbas water resources 304
Nazimko, E.I., Korchevsky, A.N., Chudaeva, G.V., Mal'ko, S.V. Numerical methods of modelling when applied to ecological problems 307
Nikanorov, A.M. Some basic properties of aquatic ecosystems (non-studied and slightly studied problems) 310
Parkhomenko, A.V., and A.S. Kukushkin. The study of inflows of phosphorus to the North-western Black Sea 313
Ryzhik, I.V., and M.V. Kolbeeva. Impact of diesel fuel on the state of antioxidant system in the cells of *Fucus vesiculosus* 317
Safronova, L.M., Shlyakhova, N.A., Frolenko, L.N., Afanas'ev, D.F., Luzhnyak, O.L., Zhivoglyadova, L.A., Kovalev, E.A., Khrenkin, D.V. Plankton and benthos of the Veselovsky Water Storage Reservoir in 2015 319
Svetocheva, O.N., and V.N. Svetochev. On the qualitative composition of food of the pinnipeds by the results of studies of 2001–2016 (White, Barents, and Kara Seas) 321

Chapter 4. TRANSFORMATION OF BIOTA UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL PROCESSES AND RADIOACTIVE CONTAMINATION

Azhogina, T.N., and L.N. Ilyushkina. Species composition of actinomycetes extracted from soils of recreation zones of cities of Rostov Region 327
Aleksandrov, V.V. Size-weight and age structure of *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh cenopopulations in the Laspi Bay (Crimea) 331
Bulysheva, N.I., Semin, V.L., Savikin, A.I., Shokhin, I.V., Terskov, E.N. Macrozoobenthos of the Don Delta in autumn of 2014 335
Burdiyan, N.V. Quantitative indices of sulfate-reducing bacteria in coastal alluvia of beaches of Sevastopol (Black Sea) 339
Dolzhenko, M.V., and L.N. Ilyushkina. Genus composition of bacteria extracted from soils of recreation zones of cities of Rostov Region 341
Dyuzhova, K.V. Results of spore-pollen analysis of the Sea of Azov Holocene deposits 343
Eprintsev, S.A., Arkhipova, O.E., Shekoyan, S.V. Application of remote sensing data to assess a transport load (as a factor of ecological security) of urbanized territories (the city of Voronezh being exemplified) 347
Ermolaev, A.I. Autoecology of a small red-footed falcon (*Falco vespertinus*, Falconiformes, Falconidae) within the geographic range: a comparative aspect 351
Il'in, V.N., Bespalova, L.A., Sushko, K.S. Analysis of erosion wash down as a determination method of anthropogenic load degree on natural complexes (Chuvash Republic being exemplified) 357
Kovalev, V.V., and S.G. Parada. Regularities of microelements' distribution in the Caspian Sea hydrobionts 361
Kolyuchkina, G.A., Chikina, M.V., Biryukova, S.V., Bulysheva, N.I., Kovalenko, E.P., Prokhorova, T.D., Kozlovsky, V.V. Retrospective analysis of alien bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) population of the north-eastern coast of the Black Sea..... 364
Kreneva, K.V. Extension of distribution range of the Black Sea species of Tintinnids in the Sea of Azov Basin 368
Kulish, A.V., and D.M. Levintsova. On the status of population of *Palaemon elegans* (Rathke, 1837) of Lake Churbash 371
Lazorenko, G.E., and A.A. Korotkov. Natural radionuclide ^{210}Po in marine biota and environment: entry, accumulation, and indication of ecological state 375
Makarevich, P.R. Change of ice cover and primary producers of marine arctic ecosystems: distribution in space and time 379

Mal'ko, S.V. Adaptation possibilities of the anseriformes (biochemical prerequisites) 382
Myslivets, V.I. Development of relief and mass mortality of biota 386
Sayapin, V.V. The Sea of Azov jelly macrozooplankton (2012–2014) 390
Svistunova, L.D. Taxonomic review of the Sea of Azov rotifers' fauna 394
Semenova, A.Yu., Mal'ko, S.V., Pashayan, V.E. Adventive species of the Kazantip Nature Reserve 398
Seryukova, N.S., Kharkhun, E.V., Polyakova, A.V. Antagonistic activity of actinomycetes extracted from soils of the city of Rostov-on-Don 401
Sidarenko, P.V., and D.P. Sidarenko. Geography, dynamics of forest fires and the current state of forests in the South of Russia 403
Sushko, K.S. Content of humus in soils of dry steppe landscapes of the South-east of Rostov Region under different types of land exploitation 407
Tereshchenko, N.N. Assessment of levels of chronic activity of doze loads from $^{239+240}$Pu on hydrobionts and their role in plutonium migration in the Black Sea coastal ecosystems 410
Shmatko, V.Yu., and L.P. Il'ina. Specific features of nematodes fauna of dry steppe soils of the south-eastern areas of Rostov Region 414

Chapter 5. CURRENT PROBLEMS OF GENETICS, SELECTION, AND BIOTECHNOLOGIES

Voskoboinikov, G.M., Kudryavtseva, E.O., Morozov, G.A. Transformations in ultra-structure of energetic apparatus of *Laminaria saccharina* = *Saccharina latissima* during sporogenesis, early ontogenesis, and ageing 421
Getmantseva, L.V., Leonova, M.A., Usatov, A.V., Bakoev, S.Yu. Multiparous ability of hybrid F1 sows of different genotypes of ESR1 gene 424
Doroshenko, E.S., Kostylev, P.I., Shishkin, N.V. Screening of selection and collection material of winter and spring barley by stability to powdery mildew and helminthosporium spot blotch 426
Evstigneeva, I.K., and I.N. Tankovskaya. Macro-epiphyton of the cultivated Black Sea alga *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) 429
Leonova, M.A., Usatov, A.V., Getmantseva, L.V., Radyuk, A.V. Polymorphism of DNA-markers of large white pig breed 432
Nekrasova, O.A., Kostylev, P.I., Nekrasov, E.I. Analysis of inheritance of boot stage leaf width of F_2 hybrids of soft fall wheat 435
Pakhomov, M.V., and A.L. Mikhailyuk. Study of colour perception of gray seals under natural and artificial light conditions 439
Pirkova, A.V., Ladygina, L.V., Kholodov, V.I. Dependence of growth rates of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) larvae on food concentrations and their stocking density 442
Ponomareva, E.N., Il'ina, L.P., Sokolova, T.A., Pol'shina, T.N. Aquaponics in aquaculture biotechnology at module water recirculation installation 445
Popov, S.S., and P.I. Kostylev. Influence of long-term multi-direction selection by the productivity of panicle on harvest of rice hybrids 449
Soier, V.G., Alyeshina, E.G., Matishov, D.G. Formation and prevention of unfavourable living conditions for fish species at a water recirculation system installation (Kagalnik Aquacomplex being exemplified) 454
Tyutyakina, M.G., Makhotkin, M.A., Tarasov, V.A. Development of transfection vectors to analyze the role of miR-34a in the regulation of cell processes 458
Tsikunib, A.D., Goncharova, S.A., D'yachenko, Yu.A. Development of functional food product based on soy protein hydrolyzate enriched with iodine and selenium 461

Chapter 6. MODELLING OF HYDROLOGICAL PROCESSES IN THE SEA OF AZOV AND FORECAST OF DANGEROUS NATURAL PHENOMENA

Zubova, L.G., and I.V. Romanov. The Sea of Azov coastal processes 467

Kulygin, V.V. Concept of risk assessment of dangerous natural phenomena for maritime activities 471
Tret'yakova, I.A., Chikin, A.L., Berdnikov, S.V. Practice of operational forecast of storm surge phenomena in the Don Delta in warm period (April – October) of 2015..... 475
Tsygankova, A.E., Berdnikov, S.V., Sorokina, V.V., Alyeshina, E.G. Model-experimental approach to the study of behaviour of heavy metals' compounds (Cu, Pb, Cd) in the Don estuary 478
Cherkesov, L.V., and T.Ya. Shul'ga. On the role of resonance mechanism in the appearance of extremely high amplitudes of storm surge fluctuations and seiches in the Sea of Azov 480

Chapter 7. NEW BIOMEDICAL TECHNOLOGIES IN ECOLOGY-DEPENDENT DISEASES' DIAGNOSTICS AND TREATMENT

Arapova, Yu.Yu., Voinov, V.B., Verbitsky, E.V. Influence of mass media on teenagers' sleep and wakefulness organization 489
Arkhipova, O.E., Chernogubova, E.A., Chibichyan, M.B., Kogan, M.I., Aidinov, G.T., Sinel'nikova, Yu.A. The hotspots of prostate cancer rate in Rostov Region. Spatial-temporal statistics..... 491
Belisheva, N.K., and G.M. Voskoboinikov. Algae and echinoderms of the Barents Sea in medical-preventive treatment practice 495
Verbitsky, E.V. Environment and sleep 496
Voinov, V.B., and S.N. Kul'ba. Monitoring of growth and development parameters of children of school age in the context of assessment of the comfort of living of a human being on the territories of Rostov Region..... 497
Zimin, A.A., Ashina, N.V., Nazipova, N.N. Forecast of molecular niche of T4-type bacteriophages in their traditional biocenosis based on bio-informational and structural analysis of highly variable antigen of capsid..... 500
Chernogubova, E.A., Kogan, M.I., Chibichyan, M.B. Angiotensin-converting enzyme (ACE) – a prognostic marker of prostate cancer relapse 504

YOUTH SCIENTIFIC CONFERENCE «CURRENT PROBLEMS OF GENETICS, SELECTION, AND BIOTECHNOLOGIES»

Antonova, N.A., Domashenko, Yu.E., Vasil'ev, S.M. Implementation of sewage water purification biotechnologies by resource-saving composite porous materials 510
Bushman, N.Yu., Malyuchenko, E.A., Bolyanova, S.V., Sheleg, V.A. Molecular marking of locus determining the grain sizes of the Russian rice varieties 513
Varduni, T.V., Kapralova, O.A., Koroleva, O.G., Sizova, A.A., Chokheli, V.A., Varduni, V.M. Impact of nano-particles of zinc oxide and titanium dioxide on plants of garden radish (*Raphanus sativus*)..... 515
Vasil'ev, S.M., Domashenko, Yu.E., Mityaeva, L.A. Application of a new recultivation approach to the broken irrigated lands in the light of agricultural production biotechnology 518
Goncharov, N.P., Kuznetsova, A.E., Tumanyan, S.R. Taxonomically important features, architectonics, and phylogeny of wheat 521
Kovalevich, A.A., Usatov, A.V., Azarin, K.V., Makarenko, M.S., Kostylev, P.I. Study of SSR-markers associated with a long-term flood-tolerant (submergence-tolerant) gene of rice – Sub1A 522
Kogan, M.I., Chernogubova, E.A., Chibichyan, M.B., Matsionis, A.E., Povilaitite, P.E., Pavlenko, I.A. Angiotensin II type 2 receptors – indicators of prostate cancer relapse 525
Kolosov, A.Yu., Bakoev, S.Yu., Leonova, M.A., Getmantseva, L.V. The Shannon's Index to assess the impact of DNA-markers on the productivity of pigs 529
Kolosov, Yu.A., Getmantseva, L.V., Shirokova, N.V., Bakoev, N.F., Karabinevsky A.N. Polymorphism of CAST/MspI gene of Merino sheep bred in Rostov Region..... 532
Krasil'nikova, A.A. Biotechnology of low temperature preservation of fish reproductive cells 536

Kudashkina, E.B., and P.I. Kostylev. Comparative analysis of height inheritance of rice hybrids of the second-third generations 539
Kuzov, A.A., and A.V. Firsova. African catfish brood stock maintenance together with aquaponics plants in the tanks of water recirculation installations 542
Mazanko, M.S., Prazdnova, E.V., Buruyan, V.N., Chistyakov, V.A. Influence of cultivation time on the bacteria mutagenesis level 544
Makarenko, M.S., Usatov, A.V., Markin, N.V., Logacheva, M.D., Shamova, T.V. Study of chloroplast and mitochondrial genomes of cytoplasmic chlorophyll mutant of sunflower en:chlorina-7 547
Marakhovskaya, T.A. Frequency of polymorphic variant -1607insG of MMP1 gene in tissues of maternal and embryonal origin in case of pregnancy loss 550
Naboka, A.V. Influence of transcription and posttranscription stages of biogenesis of miRNA on its inherited aberrant expression during mitomycin C activity 552
Oleinikov, E.P., Stakheev, V.V., Kondakov, A.A. On the genetic diversity of the Caspian seal 555
Tazhbaeva, D.S. Adaptation of Azov population of so-iuy mullet (*Liza haematocheilus*) to cultivation conditions at water recirculation installations 557
Usatov, A.V., Leonova, M.A., Gorbulich, I.A., Grigor'eva, M.V., Zalesskaya, E.G. Polymorphism of prolactin gene (PRL) and its connection with productivity traits of agricultural animals 560
Fomina, E.S. Taxonomic status of *Glaucopsyche alexis aeruginosa* (Lepidoptera: Lycaenidae) 563
Khachumov, V.A., Usatov, A.V., Azarin, K.V., Makarenko, M.S., Kostylev, P.I. Study of DNA-markers associated with salt tolerance in rice 564
Chebotarev, D.A., Makhotkin, M.A. Differences in miRNA expression profiles in cells of hormone-sensitive and hormone-refractory lines of prostate cancer 568
Chokheli, V.A., Kozlovsky, B.L., Varduni, T.V., Sereda, M.M. Genetic analysis of phenological forms of *Quercus robur* L. from artificial population of the SFU Botanical Garden 572
Shirokova, N.V., Savitskaya, T.S., Maar, T.V. Impact of water quality on the quality of bun goods 575

Научное издание

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЧЕЛОВЕК
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Материалы международной научной конференции
и молодежной научной конференции
памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова

(г. Ростов-на-Дону, Россия, 5–8 сентября 2016 г.)

Зав. редакцией Е.Э. Кириллова
Редакторы: А.С. Бабаева, А.В. Стахеева, А.А. Яковлева
Оригинал-макет Я.Ю. Яковлева

Подписано к печати 24.08.2016
Формат 60×84/8. Гарнитура PT Serif
Бумага офсетная. Печать офсетная
Усл.-печ. л. 68,8. Тираж 300 экз.

Издательство Южного научного центра РАН
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41
Тел. (863) 250-98-21
www.ssc-ras.ru

Отпечатано: ИП Лавор И.Н. (типография «Лаки Пак»)
344013, г. Ростов-на-Дону, ул. Мечникова, 112А
Тел. (863) 256-77-40, 256-77-90