РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ, АТМОСФЕРНЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ НА ПРИБРЕЖНУЮ ЗОНУ РФ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ

(«ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ – II»)

**Материалы II Международной научной конференции
памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова
(г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.)**

Ростов-на-Дону
Издательство ЮНЦ РАН
2020

УДК 551.5:504.4(063)(470)
З-19

Редколлегия:
академик Г.Г. Матишов, д.г.н. С.В. Бердников,
к.г.н. Е.Э. Кириллова, к.б.н. Н.И. Булышева, к.б.н. А.И. Ермолаев,
к.ф.-м.н. А.В. Назаренко, к.т.н. В.В. Кулыгин, Р.Г. Михалюк

Печатается по решению Ученого совета ЮНЦ РАН № 2 от 11.06.2020.

З-19 **Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II»):** материалы II Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. – 428 с. – ISBN 978-5-4358-0204-7.

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 результаты научных исследований в области выявления закономерностей формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону России в условиях глобальных климатических изменений и индустриальных вызовов. Сборник содержит результаты исследований по наиболее актуальным в мировой науке направлениям: анализу и прогнозированию опасных природных явлений и катастроф; аномальным изменениям морской среды под влиянием климатической и сейсмической нестабильности; биологическим инвазиям как экологической проблеме; опасным береговым процессам; воздействию морских опасных явлений и природных катастроф на медико-экологические, социально-экономические, культурно-исторические и политические процессы в России.

Издание рассчитано на широкий круг специалистов, интересующихся изучением морских, атмосферных природных явлений и их воздействия на прибрежную зону.

УДК 551.5:504.4(063)(470)

Проведение мероприятия и публикация издания осуществлены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-05-20045.

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

ISBN 978-5-4358-0194-1 (Материалы конференций «Опасные явления»)
ISBN 978-5-4358-0204-7

© ЮНЦ РАН, 2020

RUSSIAN FOUNDATION FOR BASIC RESEARCH
FEDERAL RESEARCH CENTRE THE SOUTHERN SCIENTIFIC CENTRE
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

REGULARITIES OF FORMATION AND IMPACT OF MARINE AND ATMOSPHERIC HAZARDOUS PHENOMENA AND DISASTERS ON THE COASTAL ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATIC AND INDUSTRIAL CHALLENGES

("DANGEROUS PHENOMENA – II")

**Proceedings of the II International Scientific Conference
in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov
(Rostov-on-Don, 6–10 July 2020)**

Rostov-on-Don
SSC RAS Publishers
2020

UDC 556.51/.54(470)
R35

Editorial Board:
Academician RAS G.G. Matishov, Dr (Geography) S.V. Berdnikov,
PhD E.E. Kirillova, PhD N.I. Bulysheva, PhD A.I. Ermolaev,
PhD A.V. Nazarenko, PhD V.V. Kulygin, R.G. Mikhalyuk

Published according to Resolution of the Academic Council of SSC RAS No. 2 (of 11.06.2020).

R35 **(2020) Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges ("Dangerous Phenomena – II")** in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov: Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 6–10 July 2020). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers. 428 p. (In Russian). ISBN 978-5-4358-0204-7.

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 proceedings contain the results of basic and applied studies connected with the patterns of formation and impact of marine and atmospheric hazardous phenomena and disasters on the coastal zone of Russia in the context of global climatic changes and industrial challenges. In particular, the authors considered the following issues: the analysis and forecasting of natural hazards and disasters, anomalous changes in marine environment under the influence of climatic and seismic instability, biological invasions as an environmental problem, dangerous coastal processes, effects of marine hazardous phenomena and natural disasters on medical-ecological, socio-economic, cultural-historical, and political processes in Russia.

The proceedings are intended for a wide circle of specialists interested in the study of marine and atmospheric natural phenomena and their impact on the coastal zone.

UDC 551.5:504.4(063)(470)

The implementation of the event and the publication of the proceedings were financially supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 20-05-20045.

The Editorial Board is not responsible for the information presented by the authors in case it turns out to be unreliable. Abstracts are published preserving the authors' wording to the maximum.

ISBN 978-5-4358-0194-1 (Proceedings of the Conference "Dangerous Phenomena")
ISBN 978-5-4358-0204-7
© SSC RAS (2020)

ДМИТРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ МАТИШОВ

05.09.1966–20.08.2015

Д.Г. Матишов – известный в стране и за рубежом специалист в области морских наук, один из основателей радиационной экологической океанологии.

Доктор географических наук (2001 г.), член-корреспондент РАН по Отделению наук о Земле РАН (2003 г.), заместитель председателя Южного научного центра РАН (2004–2015 гг.). Директор Института аридных зон ЮНЦ РАН (2008–2015 гг.). Заведующий кафедрой океанологии Института наук о Земле Южного федерального университета (2004–2015 гг.).

Родился 5 сентября 1966 года в г. Ростове-на-Дону в академической семье. Работал слесарем-ремонтником ПО «Мурманская судоверфь». После окончания Ленинградского госуниверситета стажировался по радиационной океанологии 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».

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 полигоне в губе Черная, в районе гибели АПЛ «Курск» руководил специальными работами. В издательстве "Springer" им опубликована книга "Radioecology in Northern European Seas". Разработанные им новые принципы радиоэкологического мониторинга среды и биоты позволили развернуть в 1988–2003 гг. масштабное исследование механизмов миграции и ассимиляции искусственных изотопов в морских экосистемах Арктики, Субарктики, в Азовском море.

В 2008 г. Д.Г. Матишов стал директором-организатором Института аридных зон ЮНЦ РАН. Развернул исследования проблем наук о Земле на суше и на море в Южном федеральном округе. Создал большую, оснащенную самым современным научным оборудованием лабораторию. Занимался разработкой методов ранней диагностики социально значимых заболеваний в области онкологии.

Член Центрального совета Вавиловского общества генетиков и селекционеров, Ученого совета Русского географического общества, редколлегии журнала РАН «Океанология».

В 2009 году Д.Г. Матишов включен в «первую сотню» резерва управленческих кадров Президента РФ и успешно прошел профессиональную переподготовку по Программе подготовки высшего уровня резерва управленческих кадров.

За большой личный вклад в обеспечение ядерной и радиационной безопасности Д.Г. Матишов награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, золотой медалью РАН как лауреат конкурса молодых ученых; отмечен благодарностями Президента РАН, Губернатора Ростовской области, Минобрнауки. Его труды получили признание среди европейских и американских ученых.

Д.Г. Матишов был хорошо известен своей общественной деятельностью и активной позицией по актуальным вопросам организации науки. Им велась большая работа по интеграции академической и вузовской науки в регионе в кооперации с ведущими вузами Южного федерального округа.

ВКЛАД ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН ДМИТРИЯ ГЕННАДЬЕВИЧА МАТИШОВА В ИЗУЧЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Г.Г. Матишов, О.В. Степаньян

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru, step@ssc-ras.ru

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов прожил короткую, но яркую жизнь. Д.Г. Матишов родился в академической семье в 1966 г. в Ростове-на-Дону, но большую часть жизни прожил в Мурманске. Затем снова Ростов, организация Азовского филиала ММБИ КНЦ РАН, чуть позже – Южного научного центра РАН и Института аридных зон ЮНЦ РАН, директором которого он был 7 лет. Одновременно Д.Г. Матишовым была создана кафедра океанологии в Ростовском государственном университете (ныне Южный федеральный университет), на тот момент это была третья кафедра океанологии в России после МГУ и СПбГУ. Одновременно Д.Г. Матишов продолжил руководить Отделом гидрохимии и радиоэкологии ММБИ КНЦ РАН.

Научные заслуги и достижения Дмитрия Геннадьевича признаны на государственном уровне. Д.Г. Матишов входил в первый Федеральный резерв управленческих кадров Президента РФ, многие выходцы из которого составили основу вновь сформированного Правительства РФ в 2020 г. За разработку нового научного направления Д.Г. Матишов был награжден золотой медалью Президиума РАН. В 2006 г. за особый вклад и заслуги в области науки он был отмечен медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов известен как основатель нового научного направления – радиационной экологической океанологии. Это направление появилось более 20 лет назад, когда нужно было заявить о роли СССР и ряда западных стран в радиоактивное загрязнение Северной Атлантики, представить объективную картину влияния радиоактивного загрязнения после трагических аварий советских и российских атомных субмарин («Комсомолец», «Курск»). Вся жизнь Д.Г. Матишова была посвящена служению географической науке и ее «царице» – океанологии.

Д.Г. Матишов смог сплотить коллектив ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, Южного научного центра РАН и ряда других научных организаций, увлеченно подключившись к разработке новой тематики. Ему удалось воспитать целую плеяду учеников, многие из которых защитили диссертации, и создать собственную научную школу, которая успешно работает и в настоящее время.

Радиационная экологическая океанология – это современное научное направление в океанологии, вобравшее все лучшее от таких наук, как океанография, радиационная биология, экология, морская биология, гидробиология, геоэкология. Хотелось бы кратко осветить историю появления этого научного направления и показать основные достижения, которые были достигнуты за последние годы.

Интерес к океанологии, радиоэкологии, работе в море у Д.Г Матишова появился очень рано, еще во время учебы в Ленинградском государственном университете, во время стажировок в ведущих океанологических лабораториях Европы: в Польше, Германии, Нидерландах. Именно в этот период Д.Г. Матишов познакомился с выдающимися западными учеными, проводившими радиологические исследования различных регионов Мирового океана, в том числе арктического. В 1994 г. в Санкт-Петербургском государственном университете Дмитрий Геннадьевич защитил кандидатскую диссертацию «Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря», где обозначил основные тезисы нового научного направления. Однако ему потребовалось еще несколько лет, чтобы лично собрать в морских экспедициях материал, обобщить разрозненные данные, чтобы после этого контуры нового научного направления стали вполне осязаемы. Тема радиоэкологии, а тем более в ее морской части, в СССР носила гриф «совершенно секретно», т.к. затрагивала военные разработки ядерного оружия, в том числе ядерные испытания в Баренцевом и Карском морях, на полигонах Новой Земли. Определенная (но все еще дозированная) открытость для ученых по этой тематике появилась только во времена перестройки и после трагической Чернобыльской катастрофы в апреле 1986 г. Отметим, что катастрофа в Чернобыле породила массу слухов, дезинформации как среди населения, так и в научном мире по поводу уровней загрязнения окружающей среды, действием радионуклидов на человека и природную среду. Один из авторов этой статьи, академик Г.Г. Матишов, и Д.Г. Матишов были в числе первых, кто стал предавать гласности и вводить в научный оборот новые данные по уровню загрязнения северных и южных морей России, что позволило в определенной степени снизить обеспокоенность мировой общественности этим вопросом и уменьшить международный «нажим» на руководство страны в 1990-х – начале 2000-х гг. [1–8].

Первые работы были направлены на определение уровней загрязнения цезием и стронцием морской воды и донных отложений в различных районах Баренцева, Карского и Северного морей. Было выявлено, что наибольшие концентрации радионуклидов приурочены к местам испытаний атомного оружия, базам атомного военного флота, а также к западной границе Баренцева моря [1–8]. Другой вектор исследования был связан с определением радиоактивных элементов в биоте, и если ранее российские и зарубежные исследователи основное внимание уделяли только высшим звеньям арктической экосистемы (рыбы, птицы, морские млекопитающие), то группа под руководством Д.Г. Матишова первой обратила внимание на особенности накопления радиоэлементов в первичном и вторичном звене морской экосистемы (бентос, планктон, мелкие непромысловые рыбы). Конечно, указанные исследования увязывались с исследованием уровней загрязнения и в высших звеньях экосистемы [1–11]. Именно такой подход позволил снять большинство вопросов, связанных с переносом и накоплением радиоактивных элементов по арктическим пищевым цепям, ранее казавшихся неясными и туманными. Опыт, полученный на Севере, был успешно применен на южных морях России, в фокус исследований попало Азовское море, во многом сходное с Кольским заливом (похожая организация эстуарной экосистемы) [12–14], но обойденное вниманием специалистов со времен Чернобыльской катастрофы. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. основные радиоэкологические исследования проводились в северо-западной части Черного моря, которая является своеобразным эстуарием крупнейших рек Европы – Днепра и Дуная [15].

ПАМЯТИ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА

Высадка экспедиции ММБИ КНЦ РАН на Новую Землю (конец 1980-х гг.)

Во время студенческой практики. Подготовка к отбору проб воды опрокидывающимися батометрами (Баренцево море, конец 1980-х гг.). Д.Г. Матишов второй справа

Подготовка к экспедиции в норвежском фьорде

На Новой Земле с Г.Г. Матишовым и норвежским коллегой Сальве Дале
(середина 1990-х гг.)

Перед совещанием в штабе Северного флота

Отбор камчатского краба для радиоэкологических исследований
(Баренцево море, начало 2000-х гг.)

Указанные работы в северных и южных морях позволили сформировать обширную базу данных по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской среде и биоте [16]. «Скучные» цифровые данные базы были визуализированы с помощью ГИС-методов и атласных технологий, построены многочисленные карты и математические модели, позволяющие понять пространственное распределение радиоэлементов в морской среде и биоте [17].

Использование инновационных для начала XXI в. технологий пробоотбора, лабораторной обработки проб, измерение радиоактивности, накопление в базах данных и визуализация полученного материала позволили Д.Г. Матишову и его коллективу выявить ранее не отмечавшиеся явления и закономерности в миграции радионуклидов по пищевым цепям, в системе вода – донные отложения, вода – лед [16]. Д.Г. Матишовым с коллегами были разработаны нетривиальные математические модели для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря [17].

Итогом этой кропотливой многолетней работы стало издание двух монографий для российского и зарубежного читателя [16, 18]. За монографию «Радиационная экологическая океанология» в 2002 г. Д.Г. Матишов был награжден золотой медалью Президиума РАН. Англоязычная монография “Radioecology in Northern European Seas” вышла в 2003 г. в ведущем научном издательстве мира “Springer” и стала признанием приоритета российских ученых в данной области науки.

Крупное научное обобщение и разработка нового научного направления позволили Д.Г. Матишову в 2001 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах» по специальности «геоэкология» в Институте озероведения РАН и уже через два года быть избранным в состав Российской академии наук, став при этом одним из самых молодых членов-корреспондентов в истории Академии наук (по Отделению наук о Земле).

Работы Д.Г. Матишова, его публикации в ведущих российских и зарубежных изданиях, участие с докладами на многочисленных симпозиумах и конгрессах по радиоэкологии и океанологии вызвали заметный интерес зарубежных коллег. Выход упомянутых монографий навсегда закрепил приоритет российских ученых в этой области мировой науки.

Концепция, разработанная Д.Г. Матишовым, продолжает совершенствоваться. Например, недавно был проведен сравнительный анализ многолетней динамики содержания и спектра техногенных радионуклидов в донных отложениях арктического шельфа [19]. По архивным и современным данным оценено радиоактивное загрязнение губ и заливов арктических морей, показан низкий современный уровень удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностном слое донных отложений. Максимальное накопление изотопов наблюдалось в глубоководных частях желобов, где в составе осадков преобладает глинистая фракция. Выявлено, что в 2012–2018 гг. радиоактивность осадков прибрежья была выше, чем в открытых районах Баренцева моря, где региональные отличия несущественны. Наиболее загрязнены расположенные близко к источникам загрязнения заливы Кольский (губа Пала, район ФГУП «Атомфлот») и Мотовский (губы Западная Лица, Андреева) в Баренцевом море и Енисейский залив в Карском море. В губах южной части Баренцева моря ^{137}Cs содержится в концентрации 1,5–3,0 Бк/кг; ^{90}Sr – 0,6–1,9 Бк/кг. В ледовитых фьордах Шпицбергена, где наблюдается разгрузка талых ледниковых вод и сход айсбергов, концентрация ^{137}Cs возрастает до 3,0–6,5 Бк/кг, а ^{90}Sr – 2,6–3,0 Бк/кг. Доказано, что перенос атмосферных радионуклидов, накопленных многолетним морским льдом в «ядерную» эпоху, может являться вторичным источником загрязнения моря. Определено, что значительное снижение уровня радиационной загрязненности донных отложений

в Баренцево-Карском регионе в XXI веке и сглаживание пространственных градиентов концентрации техногенных радионуклидов не снимает вопросов современных исследований об изменениях факторов загрязнения и способствует возрастающему интересу к освоению арктических экосистем.

Показано, что основу спектра техногенных радионуклидов в водах арктических морей составляют изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr [20]. Охарактеризованы особенности формирования фона этих радионуклидов в Баренцево-Карском морском регионе. По данным исследований 2017–2018 гг. выявлено, что в свободных от инфраструктуры атомного флота губах Мурманского побережья (Ивановская, Териберская, Зеленецкая, Ярнышная, Порчниха) и Кольского залива (губы Тоня, Белокаменная, районы мысов Ретинский, Мишуково, Абрам) концентрации ^{137}Cs соответствовали уровню загрязненности вод прибрежного течения Баренцева моря и варьировали от 1,3 до 2,5 Бк/м^3. В восточной части Баренцева моря – в районе Центральной впадины, Западно-Новоземельского, Гусиного, Новоземельского желобов, Северо-Восточного плато содержание ^{137}Cs в воде не превышало 1–2 Бк/м^3. Концентрация ^{90}Sr в водах Баренцева моря составляла 0,4–3,7 Бк/м^3. В Карском море наиболее загрязнены ^{137}Cs и ^{90}Sr поверхностные воды прибрежной зоны южной и юго-западной частей по сравнению с северной частью. Выявлено, что для современного периода характерен низкий уровень загрязнения воды, рыб, водорослей-макрофитов и донных беспозвоночных Баренцева моря. Наблюдается стабильное уменьшение концентраций техногенных изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr по сравнению с периодом максимального загрязнения в 1960–1970-е гг. до минимально возможных в ядерную эпоху [20].

В 2017 г. одному из авторов статьи удалось сделать то, о чем мечтал Д.Г. Матишов, – провести радиоэкологические исследования в районе Северного полюса [21–22]. Было выявлено, что современная радиационная обстановка в Центральном Полярном бассейне и российских морях Северного Ледовитого океана, оцененная по данным 2013–2017 гг., характеризуется как благополучная и отражает общее снижение влияния приоритетных ранее источников [23]. Выявлены статистически значимые различия средней объемной активности ^{137}Cs в поверхностном слое вод. Отмечена тенденция уменьшения загрязненности морской среды в направлении с запада на восток. Максимальные концентрации ^{137}Cs характерны для Баренцева моря, в бассейне которого в XX в. разгружались трансграничные поступления западноевропейских радиохимических предприятий, проводили надводные и подводные ядерные взрывы, сбросы и захоронения ядерных отходов. Повышенный уровень загрязнения ^{137}Cs Карского моря сформировался преимущественно в результате поступления с речным стоком радиоактивных отходов с заводов Сибири [23]. Меньше всего загрязнены воды морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, наиболее удаленных от европейских источников техногенных радионуклидов [23].

В ММБИ РАН продолжаются работы по радиоэкологическим исследованиям птиц Баренцева и Азовского морей. Например, в 2019 году были выявлены различия в накоплении радиоактивного цезия в баренцевоморских птицах разных видов в зависимости от их экологии [24]. Наибольшие концентрации ^{137}Cs (10,5–17,3 Бк/кг сырой массы) обнаружены в печени чаек, за исключением бургомистров. Содержание радиоцезия в птицах других видов было невысоким: 3,0–5,3 Бк/кг сырой массы. Сопоставление данных по аккумуляции инкорпорированного в печени птиц ^{137}Cs с результатами изучения содержимого их желудков показало, что концентрация ^{137}Cs была низкой у птиц, питающихся в море, в отличие от тех, кто кормится на суше [24]. Для птиц Азовского моря было выявлено, что уровни удельной активности радиоактивных элементов ^{137}Cs и ^{90}Sr в костях и мышцах хохотуньи *Larus cachinnans* и большого баклана *Phalacrocorax carbo sinensis* были низкими и не отли-

чались от ранее измеренных показателей, что свидетельствует о незначительном радиоактивном загрязнении местообитаний и кормовых объектов рыбоядных птиц Восточного Приазовья [25].

Члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова уже пять лет нет с нами. Но остались ученики, научное направление и его научная школа. Работы, не прекращаясь ни днем ни ночью, осуществляются как на севере, так и на юге нашей страны. Его идеи реализовываются в ходе выполнения ГЗ ММБИ РАН и ЮНЦ РАН, в проектах РФФИ № 19-05-50099 Микромир и № 18-05-60249 Арктика.

Продолжение работ по радиационной экологической океанологии – это наша дань памяти выдающемуся ученому, чье видение проблем науки во многом опередило свое время.

Авторы благодарны всему большому коллективу ученых, работавших с членом-корреспондентом РАН Д.Г. Матишовым.

Исследование проведено в рамках государственного задания ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5, проектов РФФИ № 19-05-50099 Микромир и № 18-05-60249 Арктика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Smith J., Ellis K., Matishov G., Matishov D., Ivanov G., Polyak L., Dahle S., Naes K.* Radioactivity levels in Barents Sea Sediments of Novaya Zemlya // Intern. Conf. on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic. Kirkenes, 1993. P. 37–43.
2. *Matishov D.* Radionuclides in the bottom sediments and biota of the shelf and of Barents Sea coasts // Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity. Kirkines, 1993. P. 40–53.
3. *Matishov D., Szczypa E.* Gamma emitters in the Barents Sea area // XX Polar Symposium. Lublin, 1993. P. 211–228.
4. *Matishov D., Rissanen K., Ikäheimonen T.* Pu in fish, algae and sediments in the Barents, Petshora and Kara Seas // Environmental Radioactivity in the Arctic / ed. P. Strand, A. Cooki. Osteras, 1995. P. 227–232.
5. *Matishov G., Matishov D., Rissanen K.* Peculiarities of radionuclide accumulation in benthic and fish of Barents and Kara Seas // Materials of Intern. Conf. on Environmental Radioactivity in the Arctic. Oslo, 1995.
6. *Matishov G., Matishov D., Namjatov A.* Risk assessment from Real and Potential Sources of Radioactivity Contamination in the Kola Bay of the Barents Sea // Conference "Bordomer" – Coastal Environment Management and Conservation (Bordeaux, France, 27–28 October 1997). (2). P. 92–101.
7. *Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A., Carroll J., Dahle S.* Discharges of nuclear waste into the Kola Bay and its impact on human radiogical doses // Journal of Environmental Radioactivity. 2000. 48. P. 5–21.
8. *Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A., Smith J., Carroll J., Dahle S.* Radioactivity near the Sunken Submarine "Kursk" in the Southern Barents Sea // Environmental science & technology. 2002. 36 (9). P. 1919–1922.
9. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Риссанен К.* Радиоактивное загрязнение Кольского залива Баренцева моря // Доклады Академии наук. 1996. 351 (4). С 571–573.
10. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Новые данные о радиоактивном загрязнении Черной губы (Новая Земля) // Доклады Академии наук. 2002. 383(5). С. 14–16.

11. *Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Павельская Е.В.* Особенности накопления искусственных радионуклидов в элементах прибрежных экосистем Кольского полуострова // Доклады Академии наук. 2007. 413(5). С. 683–686.
12. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Антропогенные радионуклиды в донных отложениях Азовского моря // Доклады Академии наук. 1998. 363 (5). С. 673–677.
13. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Лебедева Н.В.* Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева и Азовского морей // Доклады Академии наук. 2003. 389 (3). С. 424–426.
14. *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. 396 (3). С. 394–396.
15. *Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н.* Морская динамическая радиохемоэкология. М.: Энергоатомиздат, 1986.
16. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Издво КНЦ РАН, 2001.
17. *Матишов Д.Г., Бердников С.В., Касаткина Н.Е.* Опыт применения математических моделей для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря // Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. М.: Наука, 2005. С. 184–197.
18. *Matishov D.G., Matishov G.G.* Radioecology in Northern European Seas. Springer, 2004.
19. *Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Усягина И.С., Кириллова Е.Э.* Динамика искусственных радионуклидов в экосистемах морей Северного Ледовитого океана на рубеже XX–XXI веков. Ч. 2. Донные отложения // Наука Юга России. 2019. 15 (4). С. 24–25.
20. *Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Усягина И.С., Кириллова Е.Э.* Динамика искусственных радионуклидов в экосистемах морей Северного Ледовитого океана на рубеже XX–XXI веков. Ч. 1. Морская вода и биота // Наука Юга России. 2019. 15 (3). С. 12–23.
21. *Матишов Г.Г.* К Северному полюсу на атомном ледоколе «50 лет Победы» // Природа. 2018. № 11. С. 54–59.
22. *Матишов Г.Г., Клещенков А.В., Кириллова Е.Э.* Результаты экспедиции на Северный полюс на ледоколе «50 лет Победы» // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 5. С. 131–140.
23. *Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С.* Техногенная радиоактивность вод Центрального Полярного бассейна и смежных акваторий Арктики // Доклады Академии наук. 2019. 485(1). С. 93–98.
24. *Усягина И.С., Куклин В.В., Куклина М.М.* Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева моря и их влияние на организм // Наука Юга России. 2019. № 15 (2). С. 59–69.
25. *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. 2016. № 12 (1). С. 51–60.

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

КРУПНЕЙШИЙ ТЕХНОГЕННЫЙ ОПОЛЗЕНЬ В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ

И.В. Агаркова-Лях

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

Южнобережье относится к оползнеопасным районам Крыма. Изучением оползневой деятельности в этой части полуострова в разные годы занимались целый ряд исследователей [Каракаш, 1912; Раевский, 1916; Мушкетов, Погребов, 1924; Спасо-Кукоцкий, 1925; Худяев, 1933; Пчелинцев, Погребов, 1936; Ерыш, 1980; Ерыш, Саломатин, 1999 и др.].

С середины XX в. в связи с усилением хозяйственной деятельности в регионе резко возросло число оползней антропогенного происхождения. Основными причинами их образования является потеря устойчивости склонов из-за их подрезки или перегрузки обломочным материалом.

В юго-западной части Крымского полуострова крупнейшим с начала 2000-х гг. стал техногенный оползень близ Балаклавы, сошедший от южного борта Псилерахского карьера через Василеву балку на морское побережье в декабре 2006 г. Цель работы – охарактеризовать данный оползень как экзогенный процесс. В качестве источников информации выступили опубликованные работы [Илларионов, 2006; Ломакин и др., 2010; Иванов, 2012; Ежегодный доклад … 2016], картографические источники [Старые карты Крыма … 2018], спутниковые снимки 2006–2018 гг. ресурса Google Maps [Картографический сервис … 2018], фотоматериалы, результаты собственных маршрутно-полевых исследований 2016–2019 гг.

Развитие оползневой деятельности в Василевой балке обусловлено природными структурно-тектоническими, геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими особенностями рассматриваемой территории. Во-первых, балка заложена по грабену одной из крупнейших тектонических депрессий Балаклавского макроблока [Ломакин и др., 2010; Иванов, 2012]. Днище балки заполняют нижнемеловые аргиллиты, являющиеся региональным водоупором. По балке происходит разгрузка в море подземных и поверхностных

вод. А поскольку последние концентрируются у кровли аргиллитов, толща четвертичных отложений над ними насыщается водой и делает их пластичными [Иванов, 2012]. Кроме того, угол наклона склона Василевой балки по ее тальвегу составляет в среднем 12–13°, что способствует развитию склоновых процессов.

Наряду с описанными выше природными особенностями важным фактором активизации экзогенных процессов в Василевой балке выступает деятельность Псилерахского карьера. Она сопровождается накоплением мощных отвалов, в результате чего в долине Василевой балки сосредоточено более 10,0 млн т вскрышных пород [Иванов, 2012]. Можно полагать, что с конца 80-х гг. XX в., когда здесь сформировались отвалы значительных мощности и объема, началось развитие склоновых процессов (осыпей, обвалов, оползней, селеподобных выносов). Тем не менее эти процессы не имели столь катастрофических масштабов вплоть до декабря 2006 г., когда техногенная «пригрузка» отвала «Василева балка» привела к образованию крупнейшего оползня.

Оползень имеет сложный ступенчатый продольный профиль, состоящий из трех террас. Их поверхность покрыта многочисленными оползневыми трещинами разных генераций шириной до 1,0–1,5 м, выпорами, валами наползания и выпирания, западинами и впадинами. В юго-восточной части оползня из-за смещений насыпных грунтов сформировался вал выдавливания высотой до 15,0–20,0 м и шириной более 150,0 м [Иванов, 2012].

Оползень является цокольно-висячим. Его головная часть имеет вид циркообразного понижения и находится в низовом откосе грунтовой автодороги, в 50,0–60,0 м ниже высоты водораздела с абсолютной отметкой 273,6 м. Она представлена опущенной ступенью трещины растяжения и сдвига высотой 1,0–1,5 м [Иванов, 2012].

Форма оползня в плане глетчеровидная [Иванов, 2012]. Длина оползня в осевой части составляет, по разным оценкам, от 763,0 м до 970,0 м и 1200,0 м [Иванов, 2012; Ежегодный доклад … 2016; Агаркова-Лях, Лях, 2020]. Его максимальная ширина равна 575,0 м, минимальная – 135,0 м. Значительная ширина оползня в его верхней и средней частях заметно уменьшается книзу из-за геоморфологических особенностей балки-грабена, зажатой между двумя скальными массивами. По отношению длины оползня к его ширине он отнесен к оползням линейного типа, поскольку его длина больше ширины в 2,15–4,6 раз.

Язык оползня протяженностью 94,0 м и высотой до 4,5–6,0 м имеет вид глинистого обрыва с включением обломков известняка. Он активно размывается штормами силой от 3 баллов. Волны выносят в море мелкообломочный глинистый материал, который отлагается в прибрежной зоне, а крупные глыбы остаются на пляже, образуя глыбовый навал. За последние 13 лет переработанный морем оползневой материал перераспределился вдоль уреза, нарастил большой пляж «Васили» до 50,0 м и выровнял его береговую линию. Рассчитанная среднегодовая скорость аккумуляции пляжных отложений составила 1,6–2,5 м. Западнее языка оползня сформировался малый пляж шириной до 5,0 м.

Анализ опубликованных работ [Илларионов, 2006; Иванов, 2012; Ежегодный доклад … 2016] и результаты собственных измерений по спутниковым снимкам и маршрутно-полевым исследованиям [Агаркова-Лях, Лях, 2020] позволили классифицировать техногенный оползень в Василевой балке следующим образом. По месту образования оползень является оползнем искусственных земляных сооружений (отвалов пород). Причина его образования – смешанная природно-техногенная (естественное переувлажнение пород и «пригрузка» склона отвалом). По мощности вовлекаемой в оползневой процесс массы горных пород он отнесен к очень крупным оползням (7,3–8,5 млн м^3); по механизму возникновения – к оползням скольжения или течения (вязкопластического типа); по скорости

движения – к исключительно быстрым (1,27–1,62 м/сек). По площади охваченной территории или масштабу оползень считается мелким (от 24,25 до 28,3 га). Гидрогеологические условия позволяют отнести его к оползням смешанного типа (питающимся атмосферными и подземными водами).

Таким образом, развитию оползневой деятельности в Василевой балке способствуют природные структурно-тектонические, геолого-геоморфологические и гидрогеологические условия. Однако существенным катализатором оползнеобразования является деятельность Псилерахского карьера, выраженная «пригрузкой» его юго-западного склона материалом отвалов. Этот фактор стал определяющим при сходе в 2006 г. в Василеву балку техногенного оползня, ставшего крупнейшим по мощности в Юго-Западном Крыму с начала XXI в.

В настоящее время оползень можно считать условно активным. Его подвижность определяется комплексом причин: режимом выпадения атмосферных осадков, действием подземных вод, тектоническими сдвигами при сейсмических процессах и буровзрывных карьерных работах, «пригрузками» склона, а также размывающей деятельностью морского волнения в языке оползня.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФГБНУ ИПТС (№ 0012-2019-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агаркова-Лях И.В., Лях А.М.* Техногенный оползень в Василевой балке (Юго-Западный Крым) как фактор формирования современного рельефа и ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6. № 1. С. 180–191.
2. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2015 год. Севастополь, 2016. 147 с. URL: http://ecosev.ru/images/gosdoklad/gosdoklad_Sev_2015.pdf (дата обращения: 28.10.2017).
3. *Ерыш И.Ф.* Механизм типичных оползней Крыма и вопросы стационарного их изучения: автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук: 04.00.07. М.: МГУ, 1980. 20 с.
4. *Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н.* Оползни Крыма. Ч. 1: История отечественного оползневедения. Симферополь: Апостроф, 1999. 247 с.
5. *Иванов В.Е.* Особенности возникновения и развития техногенных оползней в районе Балаклавы (Юго-Западный Крым) // Геологический журнал. 2012. № 4. С. 86–92.
6. *Илларионов В.* Крупнейший техногенный оползень Крыма. Онлайн-версия информационной газеты «Слава Севастополя». 14.12.2006. URL: http://slavasev.ru/2006.12.14/view/14556_krupneyshiy-tehnogennyy-opolzen-kryma.html (дата обращения: 12.12.2016).
7. *Каракаш Н.И.* Оползни Южного берега Крыма // Тр. СПб о-ва естествоисп. 1912. Т. 43. Вып. 1. № 4.
8. Картографический сервис Google Maps. URL: http://www.google.maps.com (дата обращения: 15.04.2018).
9. *Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Тополюк А.С., Ефремцева Л.Л.* Новые данные о геологическом строении побережья Юго-Западного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 4. С. 30–39.
10. *Мушкетов Д.И., Погребов Н.Ф.* Оползни Южного берега Крыма // Изв. Геол. комитета. 1924. Т. 43. № 8.

11. *Пчелинцев В.Ф., Погребов Н.Ф.* Оползневые явления на Южном берегу Крыма // Сб. раб. оползневой станции ГГУ НКТП СССР Центрального научно-исследовательского геолого-разведочного института. Л.: ОНТИ, Гл. ред. геол. развед. и геодез. лит., 1936. 176 с.
12. *Раевский В.Г.* К изучению оползней Южного берега Крыма // Крымский вестник. 1916. № 112.
13. *Спасо-Кукоцкий А.И.* Оползни Южного берега Крыма // Горный журнал. 1925. № 10.
14. Старые карты Крыма – Это Место.ру. URL: http://www.etomesto.ru/krym/ (дата обращения: 10.12.2018).
15. *Худяев И.Е.* Об определении возраста древних оползней Южного берега Крыма // Водные богатства недр на службу социалистическому строительству: тр. 1-го Всесоюз. гидрогеол. съезда (Ленинград, 25–31 декабря 1931 г.). Сб. 3. Л.; М.: Геолразведиздат, 1933.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУТОЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ В САРАТОВЕ И РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

М.А. Алимпиева, С.В. Морозова, Е.В. Завьялова

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов
alimpiewa@rambler.ru

В настоящей статье поставлена задача провести сравнительный анализ суточных сумм осадков, выпадающих в Нижнем Поволжье (Саратов) и на юго-западе ЕЧР (Ростов-на-Дону) для месяцев теплого периода. Отметим, что и Саратовская, и Ростовская области расположены в зоне недостаточного увлажнения, и именно атмосферные осадки являются лимитирующим фактором сельскохозяйственного производства.

Обычно при исследовании режима осадков акцент делается на изучении их месячных сумм. Однако сведения о режиме осадков суточным разрешением оказываются не менее ценными, поскольку при одних и тех же месячных суммах осадков характер их распределения внутри месяца может быть совершенно различным. К тому же ливневой характер осадков, выпавших в какие-либо сутки месяца, может по количеству сравняться с месячной нормой или даже превысить ее. Поэтому изучение суточных сумм осадков представляет определенный интерес. К этому добавим, что суточные суммы осадков редко становятся предметом исследования [Швер, 1976; Алибегова, 1985].

В таблице 1 представлены средние многолетние значения суточных сумм осадков для месяцев теплого полугодия по п. Саратов и п. Ростов-на-Дону.

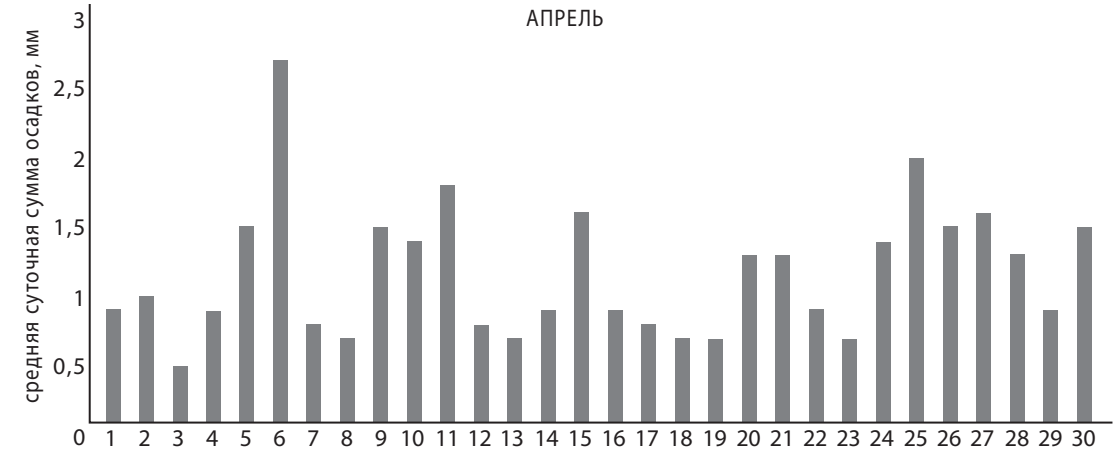
Таблица 1

Средние многолетние суточные суммы осадков (мм)

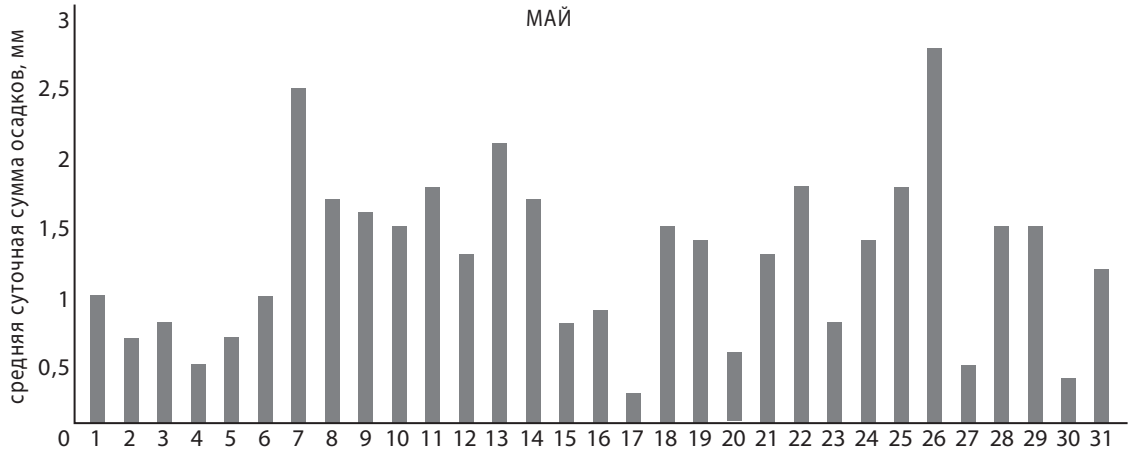
Пункт	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Саратов	0,8	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3	1,1
Ростов-на-Дону	1,5	1,7	2,2	1,6	1,4	1,4	1,3

Как видно из таблицы, во все месяцы теплого полугодия за сутки в среднем в Ростове-на-Дону осадков выпадает больше, чем в Саратове. Особенно заметна эта разница в апреле – июне, в месяцы, когда растение особенно нуждается во влаге, когда оно проходит начальные фазы развития и у него формируются элементы продуктивности. В августе – октябре эта разница практически незаметна.

Однако средние суточные суммы осадков не дают представления о характере распределения осадков в течение месяца. Для такого исследования рассчитаны средние многолетние суммы осадков за каждое число месяца. Подобные расчеты проведены для каждого месяца теплого полугодия для Саратова и Ростова-на-Дону. Расчеты проводились за период 2010–2019 гг. [Данные … 2020]. На рисунке 1 приведем гистограммы суточных сумм осадков по п. Ростов-на-Дону.



а)



б)

Рис. 1. Средние суточные суммы осадков с детализацией по дням (Ростов-на-Дону)

Как видно из рисунка 1, выделяются временные промежутки, в которые осадков выпадает намного больше их среднего суточного количества (для апреля 1,5 мм, для мая 1,7 мм). Также выделяются промежутки, в которые осадков обычно выпадает меньше их средней суточной нормы. В апреле (рис. 1а) самыми сухими периодами месяца являются вторая половина первой декады и начало второй декады. Также редки осадки в конце месяца. Осадков выпадает больше средней суточной нормы в первую декаду месяца, а также в конце второй и начале третьей декады.

В мае (рис. 1б) самым сухим оказывается начало месяца, чаще всего наибольшие суточные суммы осадков выпадают в первой половине второй декады и третью декаду месяца. Причем по гистограммам можно проследить, что в мае по сравнению с апрелем осадки чаще носят конвективный характер.

Приведем аналогичные гистограммы для этих же месяцев в Саратове (рис. 2).

Как видно из рисунка 2, в Саратове тоже выделяются временные промежутки, в которые осадков выпадает больше (меньше) климатической нормы. Так, в апреле (рис. 2а) осадков выпадает больше, чем обычно во вторую половину первой и третьей декады. Самой сухой декадой апреля является вторая.

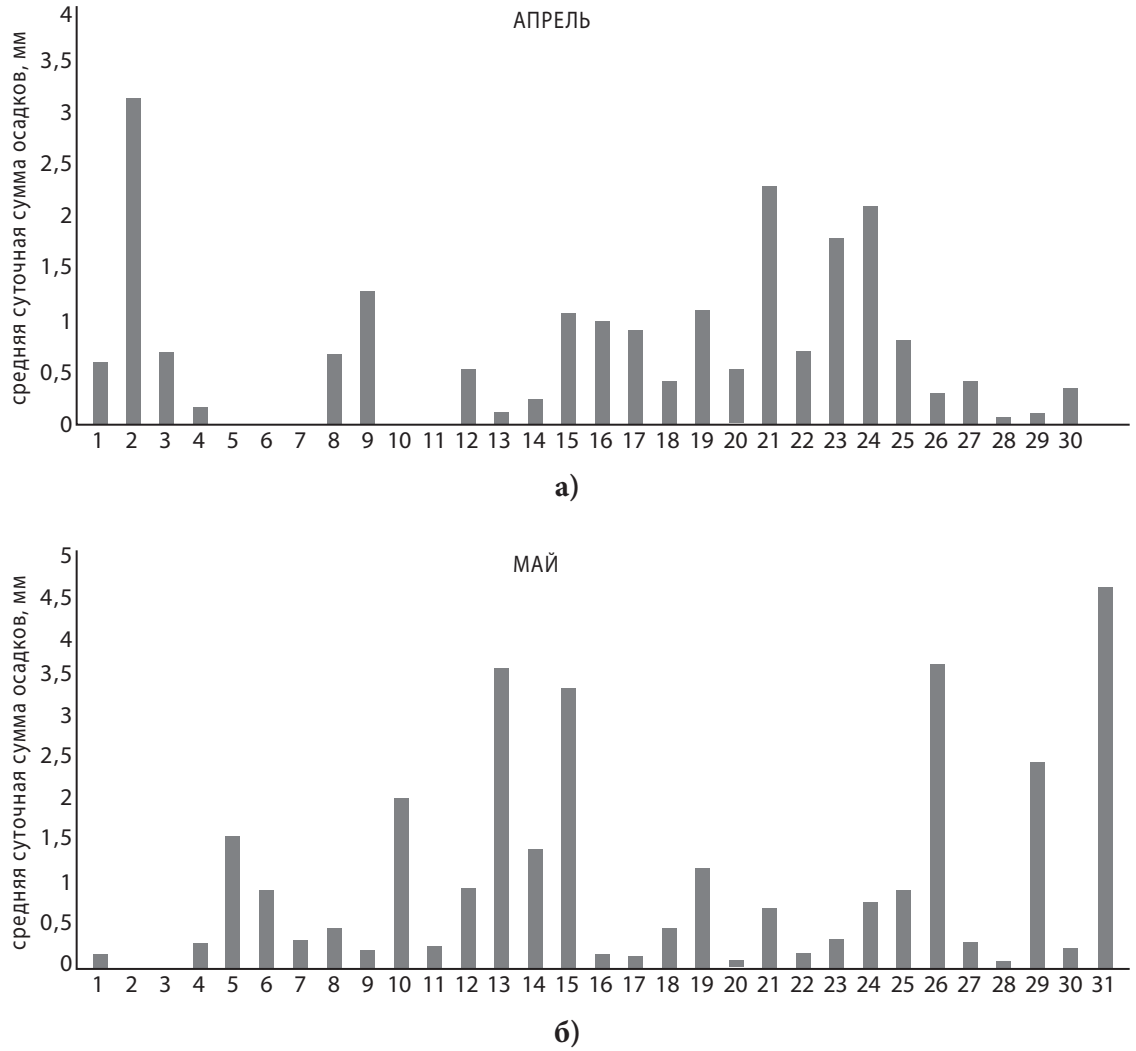


Рис. 2. Средние суточные суммы осадков с детализацией по дням (Саратов)

В мае в Саратове (рис. 2б) чаще всего осадки выпадают в конце первой – начале второй декады и в середине третьей декады. Относительно мало осадков выпадает в начале первой и в конце второй декады месяца.

Полученные данные можно рассматривать как климатический прогноз периодов выпадения осадков. Укажем, что все методические прогнозы всегда сравниваются с климатическими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алибегова Ж.Д.* Пространственно-временная структура полей жидких осадков. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 230 с.
2. ВНИИГМИ МЦД. Данные о количестве осадков [сайт]. URL: http://meteo.ru/ (дата обращения: 04.06.2020).
3. *Швер Ц.А.* Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 302 с.

О МОДЕЛИРОВАНИИ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ В СЕВЕРНОМ КАСПИИ НА ТРИАНГУЛЯЦИОННОЙ СЕТКЕ

В.С. Архипкин[1], А.В. Павлова[2], С.А. Мысленков[1, 2]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
[2]Гидрометцентр России, г. Москва
victor.arkhipkin@gmail.com; anna.pavlova-16@yandex.ru; stasocean@gmail.com

Штормовые нагоны в Северном Каспии – одно из основных гидрометеорологических явлений, образующихся здесь и влияющих на безопасность и эффективность ведения морского хозяйства, включая прибрежную инфраструктуру и морской транспорт.

В данной работе особенности их формирования в Северном Каспии изучались с помощью математического моделирования. Это связано с тем, что натурных наблюдений за уровнем моря в Северном Каспии слишком мало и проводятся они лишь на небольшом количестве прибрежных станций только 4 раза в сутки, что не позволяет выявить пространственно-временную изменчивость нагонов.

Исследование нагонов в Северном Каспии методами гидродинамического моделирования ранее уже проводилось, а их результаты опубликованы в работах [Гетман, 1981; Зильберштейн и др., 2001; Вербицкая и др., 2002; Водный баланс … 2016; Нестеров и др., 2018]. Отличие представленной работы от предыдущих заключается в том, что при моделировании нагонов применялась нерегулярная триангуляционная расчетная сетка с изменяющимся размером ячеек. Кроме того, моделирование проводилось за более длительный период и с учетом ледового покрова.

В настоящем исследовании использовалась гидродинамическая модель ADCIRC, включающая в себя и спектральную модель ветрового волнения III поколения SWAN. Численная реализация модели ADCIRC основана на методе конечных элементов. В качестве таких элементов используются треугольники разной площади. Проведенные тестовые вычисления расчетной сетки показали, что при такой сложной конфигурации береговой линии моря и наличии огромного количество островов лучшим методом построения расчетной области для Северного Каспия является метод “paving”. В итоге была построена расчетная сетка, состоящая из 71 523 элементов и учитывающая затопления прилегающей суши относительно единого нуля поста для Каспийского моря, равного –28 м БС. В связи с тем что уровень Каспийского моря испытывает большие колебания по годам, при расчетах глубина моря и высота суши этой расчетной сетки приводились к уровню расчетного года. Минимальный размер ячеек составил 500 м у западного побережья Северного Каспия, максимальный – 10 км в центральной части Среднего и Южного Каспия (рис. 1).

При расчетах задавались следующие граничные условия: на берегу – условия нулевого нормального потока к берегу и тангенциальное скольжение; на дне – придонное трение, рассчитывающееся согласно квадратичному закону. Коэффициент горизонтальной турбулентной вязкости задавался постоянным и равным 2 м^2/с. Применялся соответствующий алгоритм осушки моря и затопления прилегающей территории. Речной сток не учитывался.

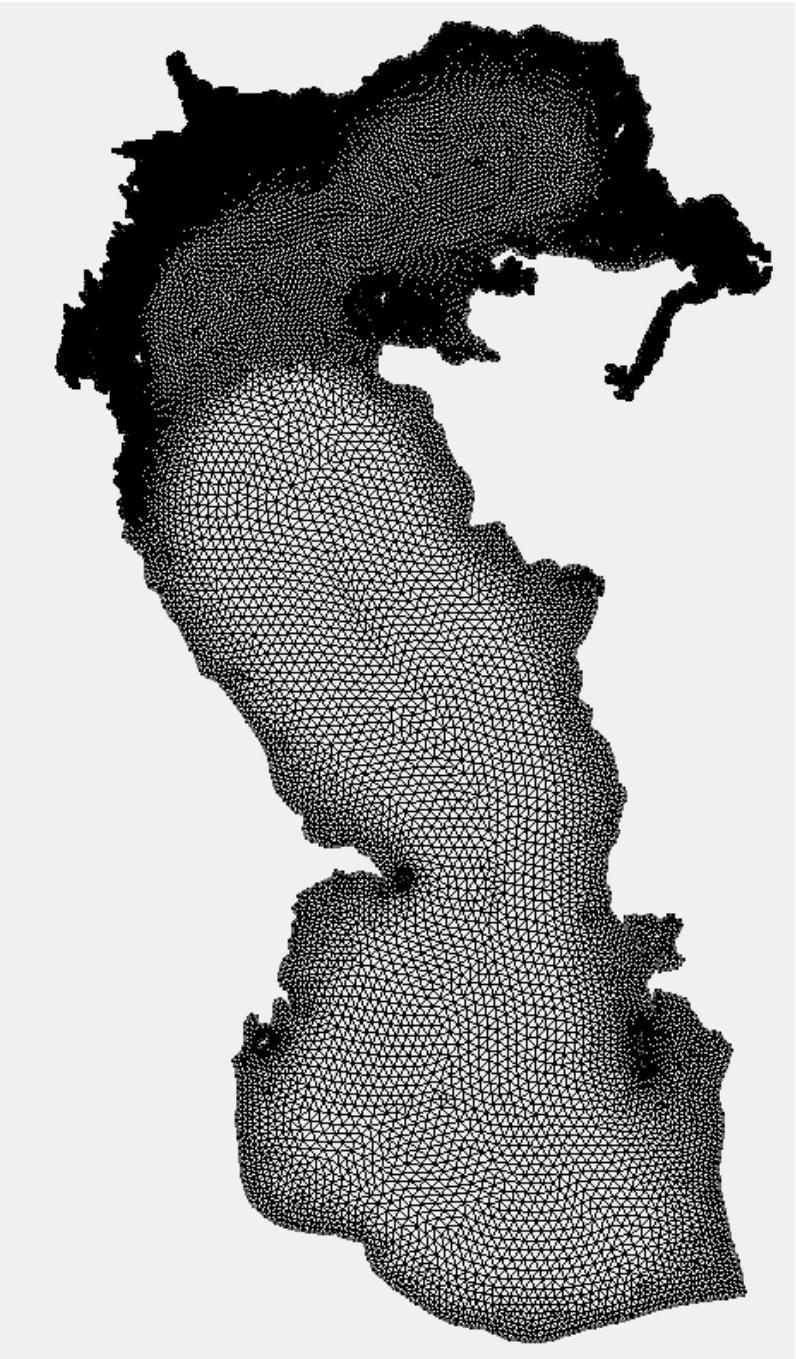


Рис. 1. Расчетная сетка Каспийского моря

В качестве входных данных задавались поля ветра на высоте 10 м и атмосферного давления из реанализов NCEP/CFSR и NCEP/CFSRv2 за период с 1979 по 2017 г. с шагом по емени 1 ч.

Северная часть Каспийского моря зимой покрывается льдом. Для учета морского льда при моделировании колебаний уровня в зимний сезон были использованы поля концентрации льда из базы OSI-450 за период с 1979 по 2017 г. с дискретностью по времени одни сутки, по x и y 25 км.

Результаты модели сравнивались с натурными наблюдениями на уровенных постах на о. Тюлений и Махачкале за 2003–2010 гг. – коэффициент корреляции для о. Тюлений изме-

нялся в пределах 0,84–0,93, для Махачкалы – 0,78–0,95. Среднеквадратическая погрешность составляла в среднем для о. Тюлений около 0,1 м, для Махачкалы – 0,05 м (рис. 2).

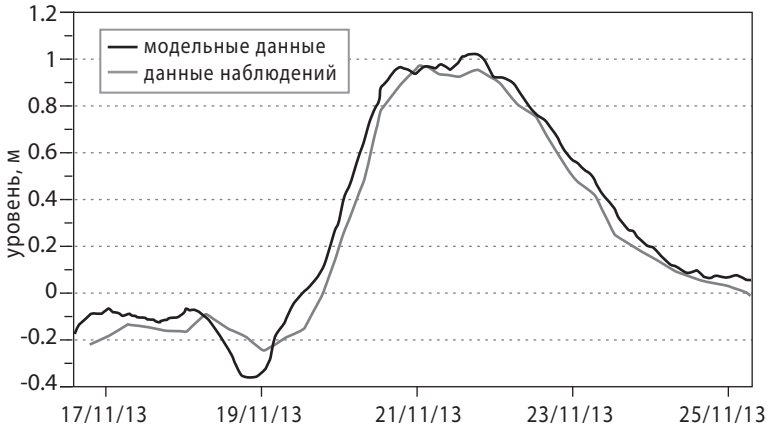


Рис. 2. Сравнение модельных данных уровня с натурными, о. Тюлений

Для оценки вклада ветрового волнения в формирование нагонов проводились отдельные эксперименты с совместной моделью ADCIRC+SWAN. Выявлено, что влияние волнения на величину нагонов не значительно, поэтому массовые расчеты нагонов осуществлялись уже без него.

По результатам расчетов были обнаружено, что формирование нагонов величиной более 1 м у о. Тюлений вызывается главным образом наличием мощного антициклона севернее Каспийского моря и циклона над Черным морем. В среднем здесь наблюдается 7–10 нагонов высотой более 1 м и суммарной продолжительностью до 20–30 суток в год.

Отмечена многолетняя тенденция уменьшения количества случаев формирования нагонов с 1979 по 2008 г., с 2008 г. наблюдается обратная тенденция.

Рассчитанные наибольшие величины нагонов в Северном Каспии приведены на рисунке 3. Как видно, на изучаемой акватории выделяются два района, где высота нагонов больше двух метров. Один расположен у северо-западного побережья, другой – в казахстанском секторе в его юго-восточной части, причем здесь отмечается и наибольшая частота их возникновения.

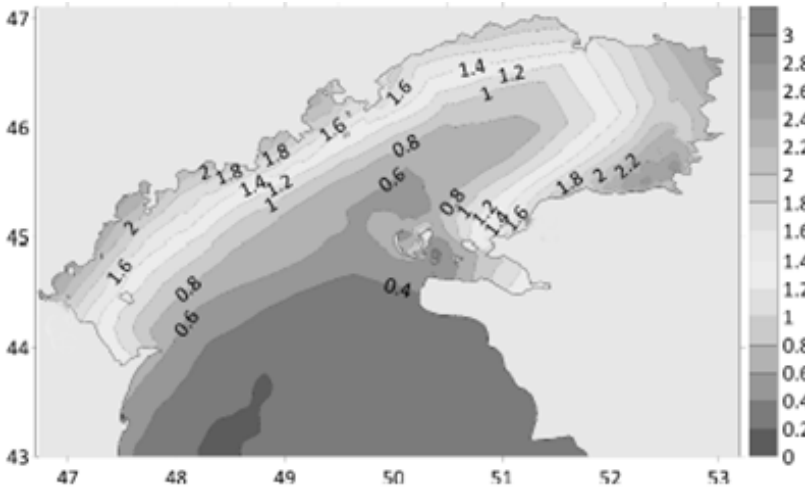


Рис. 3. Наибольшие рассчитанные величины нагонов
в Северном Каспии за период с 1979 по 2017 г.

Особое внимание уделялось случаям, когда величины нагонов превышали значения 2 м. Так, был проведен анализ условий формирования шторма 12–16 марта 1995 г., приведший к наиболее катастрофическим последствиям после нагона 1952 г. Синоптическая ситуация, типичная для формирования нагонов у западного берега Северного Каспия: мощный антициклон, расположенный севернее Каспийского моря, и глубокий циклон над Черным морем, при этом продолжительные ветра восточных и северо-восточных румбов над Северным Каспием достигали скорости 20 м/с. Это вызвало штормовой нагон у западного и северо-западного берегов Северного Каспия высотой более 2 м, а в казахстанском секторе катастрофический сгон до 4 м (рис. 4).

Рис. 4. Рассчитанный уровень моря при штормовом нагоне, 13.03.1995, 12 ч

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №18-05-80088.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вербицкая О.А., Зильберштейн О.И., Попов С.К., Лобов А.Л.* Метод краткосрочного гидродинамического прогноза штормовых нагонов в северной части Каспийского моря и результаты его испытаний // Информационный сборник Гидрометцентра. 2002. № 29. С. 76–89.
2. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. М.: Триада ЛТД, 2016. 378 с.
3. *Гетман И.Ф.* Опыт использования гидродинамической модели для расчетов сгонов и нагонов в Северном Каспии // Труды Гидрометцентра СССР. 1981. Вып. 241. С. 40–48.
4. *Зильберштейн О.И., Попов С.К., Чумаков М.М., Сафронов Г.Ф.* Метод расчета экстремальных характеристик уровня моря в Северном Каспии // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 6. С. 692–700.
5. *Нестеров Е.С., Попов С.К., Лобов А.Л.* Статистика и моделирование штормовых нагонов в Северном Каспии // Метеорология и гидрология. 2018. № 10. С. 53–59.

СТАРТОВЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЦУНАМИ В ЗОНЕ СУБДУКЦИИ

В.А. Бабешко[1], О.М. Бабешко[2], Е.М. Горшкова[2], О.В. Евдокимова[1], И.С. Телятников[1], А.Г. Федоренко[1], В.Л. Шестопалов[1]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2] Кубанский государственный университет, г. Краснодар
babeshko41@mail.ru, babeshko49@mail.ru, gem@kubsu.ru, evdokimova.olga@mail.ru, ilux_t@list.ru, afedorenko@mail.ru, valcpg@mail.ru

Субдукция – это явление движения одной литосферной плиты под другой, возникающее в связи с разнотипностью как геометрических, так и физических параметров надвигающихся друг на друга встретившихся литосферных плит. Эти явления могут встречаться в районах суши, океана, прибрежных территориях. Активные границы плит делятся на два вида – субдукционные и коллизионные. Коллизионные процессы свойственны взаимодействию континентальных литосферных плит суши и приводят в основном к закручиванию и порождению новых гор, в то время как субдукционные имеют свойство вызывать землетрясения. При субдукции часть океанического дна погружается под плиту суши. На большой глубине эта часть плавится и благодаря спредингу растекается и формирует новую кору как под сушей, так и под океаном. Зоны субдукции были обнаружены и описаны сейсмологом Беньофом. В этих зонах наиболее часто происходят землетрясения. Беньоф называл их сейсмофокальными зонами, сейчас их именуют зонами Беньофа. Существуют попытки объяснения причин таких свойств зон Беньофа, однако они не базируются на строгих механико-математических подходах и не являются убедительными. В настоящей статье исследуются возможности стартовых землетрясений в зоне субдукции.

1. Считаем, что литосферные плиты представляют собой полубесконечные пластины Кирхгофа в форме полуплоскостей, границы которых параллельны и находятся на дистанции 2θ, $\theta \geq 0$ друг от друга, причем каждая обладает индивидуальными механическими свойствами. Примем оси координат $x_1 o x_2$ лежащими в плоскости пластин, а ось x_3 направленной по внешней нормали к подложке. Рассмотрим случай статических воздействий на поверхность пластин, из которых левая контактирует с основанием без трения, а правая – с пренебрежимо малым вертикальным воздействием по сравнению с касательными контактными напряжениями. Тогда уравнения граничных задач для пластин представимы в виде

$$R_b(\partial x_1, \partial x_2)\, u_b - s_b(x_1, x_2) = 0,\ b = \lambda, r. \qquad (1)$$

Здесь каждая пластина рассматривается как многообразие с краем, где $\boldsymbol{u}_b = \{u_{1b}, u_{2b}, u_{3b}\}$ – вектор перемещения точек пластин по горизонтальным u_{1b}, u_{2b} и вертикальным u_{3b} направлениям срединной плоскости, а $b = \lambda$ – для левой плиты и $b = r$ – для правой. Введем обозначения

$$\boldsymbol{R}_b(\partial x_1,\partial x_2)\boldsymbol{u}_b=\left\|\begin{array}{ccc}\left(\dfrac{\partial^2}{\partial x_1^2}+\varepsilon_{1b}\dfrac{\partial^2}{\partial x_2^2}\right)u_{1b} & \left(\varepsilon_{2b}\dfrac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}\right)u_{2b} & 0\\ \left(\varepsilon_{2b}\dfrac{\partial^2}{\partial x_1\partial x_2}\right)u_{1b} & \left(\dfrac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\varepsilon_{1b}\dfrac{\partial^2}{\partial x_1^2}\right)u_{2b} & 0\\ 0 & 0 & \left(\dfrac{\partial^4}{\partial x_1^4}+2\dfrac{\partial^2}{\partial x_1^2}\dfrac{\partial^2}{\partial x_2^2}+\dfrac{\partial^4}{\partial x_2^4}\right)u_{3b}\end{array}\right\|. \quad (2)$$

Здесь для $b=\lambda$ нормальные напряжения t_{3b} действуют на плиту сверху и g_{3b} – снизу. Аналогично для $b=r$ напряжения g_{1b}, g_{2b} и t_{1b}, t_{2b} действуют в касательной плоскости в области контакта с основанием, причем g_{1b} и t_{1b} – в направлении касательной к торцу литосферной плиты, а g_{2b} и t_{2b} – в направлении нормали. Имеют место следующие соотношения, принятые в [1, 2]:

$$\boldsymbol{U}_b=\boldsymbol{F}_2\boldsymbol{u}_b,\quad \boldsymbol{G}_b=\boldsymbol{F}_2\boldsymbol{g}_b,\quad \boldsymbol{T}_b=\boldsymbol{F}_2\boldsymbol{t}_b\quad b=\lambda,r,$$

$$M_b=-D_{b1}\left(\frac{\partial^2 u_{3b}}{\partial x_2^2}+\nu_b\frac{\partial^2 u_{3b}}{\partial x_1^2}\right),\quad D_{b1}=\frac{D_b}{H^2},\quad D_{b2}=\frac{D_b}{H^3},$$

$$Q_b=-D_{b2}\left(\frac{\partial^3 u_{3b}}{\partial x_2^3}+(2-\nu_b)\frac{\partial^3 u_{3b}}{\partial x_1^2\partial x_2}\right),\quad u_{3b},\quad \frac{\partial u_{3b}}{H\partial x_2},$$

$$D_b=\frac{E_b h_b{}^3}{12(1-\nu_b{}^2)},\quad \varepsilon_{53b}=\frac{(1-\nu_b{}^2)12H^4}{E_b h_b{}^3},$$

$$\varepsilon_{1b}=0,5(1-\nu_b),\quad \varepsilon_{2b}=0,5(1+\nu_b),\quad \varepsilon_{5b}=\frac{1-\nu_b^2}{E_b h_b}\varepsilon_{1b}=0,5(1-\nu_b),\quad \varepsilon_{2b}=0,5(1+\nu_b),\quad \varepsilon_{5b}=\frac{1-\nu_b^2}{E_b h_b},$$

$$g_{1b}=\mu_{0b}\left(\frac{\partial u_{1b}}{\partial x_3}+\frac{\partial u_{3b}}{\partial x_1}\right),\quad g_{2b}=\mu_{0b}\left(\frac{\partial u_{2b}}{\partial x_3}+\frac{\partial u_{3b}}{\partial x_2}\right),$$

$$\mu_{0b}=\frac{\mu_b}{H},\quad x_3=0,\quad \boldsymbol{g}=\{g_{1b},g_{2b}\}.$$

Выше приняты следующие обозначения: μ_b – модуль сдвига, ν_b – коэффициент Пуассона, E_b – модуль Юнга, h_b – толщина, $\boldsymbol{g}_b$, $\boldsymbol{t}_b$ – векторы контактных напряжений и внешних горизонтальных g_{1b}, g_{2b}, t_{1b}, t_{2b} и вертикальных g_{3b}, t_{3b} воздействий соответственно, действующих по касательной к границе основания и по нормали к ней. В областях Ω_b $\mathbf{F}_2\equiv\mathbf{F}_2(\alpha_1,\alpha_2)$, $\mathbf{F}_2\equiv\mathbf{F}_1(\alpha_1)$ – двумерный и одномерный операторы преобразования Фурье соответственно. Описанные в [2] граничные условия здесь сохраняются. Выражения для нормальной N_{x_2} и касательной $T_{x_1x_2}$ составляющих напряжений к срединной плоскости на торцах пластин даются соответственно соотношениями

$$T_{x_1x_2} = \varepsilon_7\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1}{\partial x_2}\right), \quad N_{x_2} = \varepsilon_8\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \nu\frac{\partial u_1}{\partial x_1}\right)$$

$$\varepsilon_7 = \frac{E}{2(1+\nu)H}, \quad \varepsilon_8 = \frac{E}{(1-\nu^2)H}$$

Для деформируемого основания, описываемого граничной задачей, применимы различные модели, даваемые соотношениями

$$\mathbf{u}(x_1, x_2) = \boldsymbol{\varepsilon}_6^{-1}\frac{1}{4\boldsymbol{\pi}^2}\int_{-\infty}^{\infty}\int \mathbf{K}(\boldsymbol{\alpha}_1, \boldsymbol{\alpha}_2)\mathbf{G}(\boldsymbol{\alpha}_1, \boldsymbol{\alpha}_2)e^{-i\langle\boldsymbol{\alpha}, x\rangle}\, d\boldsymbol{\alpha}_1 d\boldsymbol{\alpha}_2,$$

$$x \in \Omega_{\boldsymbol{\lambda}}, \quad x \in \Omega_r, \quad x \in \Omega_{\boldsymbol{\theta}}, \quad \langle \boldsymbol{\alpha}, x\rangle = \boldsymbol{\alpha}_1 x_1 + \boldsymbol{\alpha}_2 x_2$$

$$\Omega_\lambda\left(|x_1| \le \infty; \quad x_2 \le -\theta\right), \quad \Omega_r\left(|x_1| \le \infty; \quad \theta \le x_2\right), \quad \Omega_\theta\left(|x_1| \le \infty; \quad -\theta \le x_2 \le \theta\right),$$

$$\boldsymbol{K} = \|K_{mn}\|, \quad m, n = 1, 2, 3, \quad \boldsymbol{K}(\alpha_1, \alpha_2) = O(A^{-1}), \quad A = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \to \infty,$$

$$\varepsilon_6^{-1} = \frac{(1-\nu)H}{\mu}, \quad \boldsymbol{G}(\alpha_1, \alpha_2) = \boldsymbol{F}_2(\alpha_1, \alpha_2)\boldsymbol{g},$$

где $\boldsymbol{g}$ – вектор касательных и нормальных напряжений под плитами на границе основания. Некоторые типы матриц-функций $K(\alpha_1,\alpha_2)$ оснований, называемые символом системы интегральных уравнений, приведены в [3, 4].

2. Граничные задачи для каждого блока блочной структуры погружаются в топологическое пространство, индуцированное трехмерным евклидовым пространством, после чего применением формулы Стокса в топологическом пространстве сводятся к функциональным уравнениям [5].

Функциональные уравнения граничной задачи для векторного случая, представленные для правой плиты, $b = r$, являются матричными и имеют вид

$$\boldsymbol{R}_{12b}(-i\alpha_{1b}, -i\alpha_{2b})\boldsymbol{U}_{12b} = -\int_{\partial\Omega_b} \boldsymbol{\omega}_{12b} + \boldsymbol{S}_{12b}(\alpha_{1b}, \alpha_{2b}), \quad \boldsymbol{U}_{12b} = \{U_{1b}, U_{2b}\},$$

$$\boldsymbol{\omega}_{12b} = \{\omega_{1b}, \omega_{2b}\}, \quad \boldsymbol{S}_{12b}(\alpha_{1b}, \alpha_{2b}) = -\varepsilon_{5b}\boldsymbol{F}_2(\alpha_{1b}, \alpha_{2b})(\boldsymbol{g}_b + \boldsymbol{t}_b),$$

$$\boldsymbol{S}_{12b}(\alpha_{1b}, \alpha_{2b}) = \{S_{1b}, S_{2b}\},$$

$$\boldsymbol{R}_{12b}(-i\alpha_{1b}, -i\alpha_{2b}) = -\begin{Vmatrix} (\alpha_{1b}^2 + \varepsilon_{1b}\alpha_{2b}^2) & \varepsilon_{2b}\alpha_{1b}\alpha_{2b} \\ \varepsilon_{2b}\alpha_{1b}\alpha_{2b} & (\alpha_{2b}^2 + \varepsilon_{1b}\alpha_{1b}^2) \end{Vmatrix}.$$

Здесь $\boldsymbol{\omega}_b$ – вектор внешних форм.

Совершим над этими функциональными уравнениями операции внешнего анализа [4], включающие факторизацию коэффициента функционального уравнения – матрицы-функ-

ции и просто функции, вычисление форм-вычетов Лере, построение псевдодифференциальных уравнений, извлечение из них необходимых, поставленными граничными задачами интегральных уравнений и решение последних. Найденные таким образом решения вносятся во внешние формы функциональных уравнений каждой плиты, после чего сопрягаются с основанием, формируя новое топологическое пространство, называемое фактор-топологическим.

3. В процессе выполнения этой достаточно детально описанной в указанных работах части исследования выполняется ряд преобразований, детально описанных в [1, 2, 5].

Сопрягая все три компоненты перемещений литосферной плиты, как нормальные, так и касательные, с перемещениями верхней границы основания, получаем функциональные уравнения.

При $\theta > 0$, то есть когда торцы плит удалены на расстояние 2θ, контактные напряжения на краях пластин имеют представление [3, 4] вида

$$g_\lambda(x_1,x_2) = \sigma_{1\lambda}(x_1,x_2)\,(-x_2 - \theta)^{-0,5} \qquad x_2 < -\theta,$$

$$\boldsymbol{g}_r(x_1,x_2) = \boldsymbol{\sigma}_{2r}(x_1,x_2)\,(x_2 - \theta)^{-0,5}, \qquad x_2 > -\theta \qquad \gamma > 0.$$

Функция $\sigma_{1\lambda}(x_1,x_2)$ и вектор $\boldsymbol{\sigma}_{2r}$ непрерывны по обоим параметрам.

При $\boldsymbol{\theta} = 0$, то есть когда торцы плит полностью сблизились, контактные напряжения имеют вид

$$g_\lambda(x_1,x_2) \to \sigma_{3\lambda}(x_1,x_2)\,x_2^{-1},$$

$$\boldsymbol{g}_r(x_1,x_2) \to \boldsymbol{\sigma}_{4r}(x_1,x_2)\,x_2^{-1}.$$

Функция $\sigma_{3\lambda}(x_1,x_2)$ и вектор $\boldsymbol{\sigma}_{4r}$ непрерывны по обоим параметрам.

Анализ полученного решения показывает, что возникает более сложная подвижка поверхности Земли, охватывающая рассмотренные в [1, 2] случаи.

В результате вычисления перемещений поверхности Земли, вызванных сингулярными составляющими контактных напряжений, получается картина, в которой левая плита испытала вертикальное перемещение, а правая – горизонтальный сдвиг в одном из свободных для движения направлений, породив в зоне эпицентра землетрясение, цунами или возможную трещину и возможный сдвиг ее берегов.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации Госзадания Минобрнауки на 2020 г., проект (9.8753.2017/8.9), ЮНЦ РАН на 2020 г., проект (00-20-13), № госрег. 01201354241, программ Президиума РАН № 7, проект (00-18-21), и № 20, проект (00-18-29), а также при поддержке грантов РФФИ (19-41-230003), (19-41-230004), (19-48-230014), (18-08-00465), (18-01-00384), (18-05-80008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M.* On the possibility of predicting some types of earthquake by a mechanical approach // Acta Mechanica. 2018. Vol. 229. Iss. 5. P. 2163–2175. DOI: 10.1007/s00707-017-2092-0.

2. *Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М.* О стартовых землетрясениях при горизонтальных воздействиях // ДАН. 2017. Т. 474. № 4. С. 427–431.
3. *Ворович И.И., Бабешко В.А.* Динамические смешанные задачи теории упругости для неклассических областей. М.: Наука, 1979. 320 с.
4. *Бабешко В.А., Глушков Е.В., Зинченко Ж.Ф.* Динамика неоднородных линейно-упругих сред. М.: Наука, 1989. 344 с.
5. *Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M.* On a mechanical approach to the prediction of earthquakes during horizontal motion of litospheric plates // Acta Mechanica. 2018. Vol. 229 (11). P. 4727–4739. URL: hpps//doi.org/10.1007/s00707-018-2255-7
6. *Морозов Н.Ф.* Математические вопросы теории трещин. М.: Наука, 1984. 256 с.

К ВОПРОСУ О СТАРТОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В РАЙОНЕ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

В.А. Бабешко[1], В.Л. Шестопалов[2], А.В. Плужник[2]

[1]Кубанский государственный университет, г. Краснодар
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
babeshko41@mail.ru, valcpg@mail.ru

Теоретическими исследованиями с позиции механики деформируемого твердого тела доказана на основе математического аппарата топологической алгебры возможность землетрясения нового типа, названного стартовым [Бабешко и др., 2016]. Реализация стартового землетрясения (СЗ) была получена в рамках модели движения литосферных плит в виде пластин Кирхгофа, движущихся навстречу до сближения на упругом полупространстве с дальнейшим смыканием их границ по разлому и последующим сейсмическим событием. В работе [Бабешко и др., 2018] моделируется процесс субдукции океанической плиты под литосферную плиту суши. Океаническая плита, лежащая на деформируемом основании, изламывается в процессе субдукции в упруго деформируемой части и порождает совокупность параллельных разломов литосферных плит. В этих зонах вблизи побережья, называемых зонами Беньофа, возможны СЗ.

Рассмотренная модель СЗ в прибрежной зоне актуальна для Черноморского побережья России, где происходит поддвиг жесткой Черноморской плиты океанического типа под горные сооружения Кавказа с образованием параллельной Восточно-Черноморской системы разломов. У Крымского побережья отчетливо выраженной зоной Беньофа является прогиб Сорокина, где гипоцентры землетрясений уходят на глубину до 40 км под континентальную кору Крымского орогена [Паталаха, 2003]. Процесс субдукции у южных берегов Крыма подтверждается также анализом поля аномалий силы тяжести в гидротопографической редукции [Буланже, 1975].

Поле гравитационных аномалий отмечено большими горизонтальными градиентами, простирающимися вдоль континентального склона до района Гагры (рис. 1).

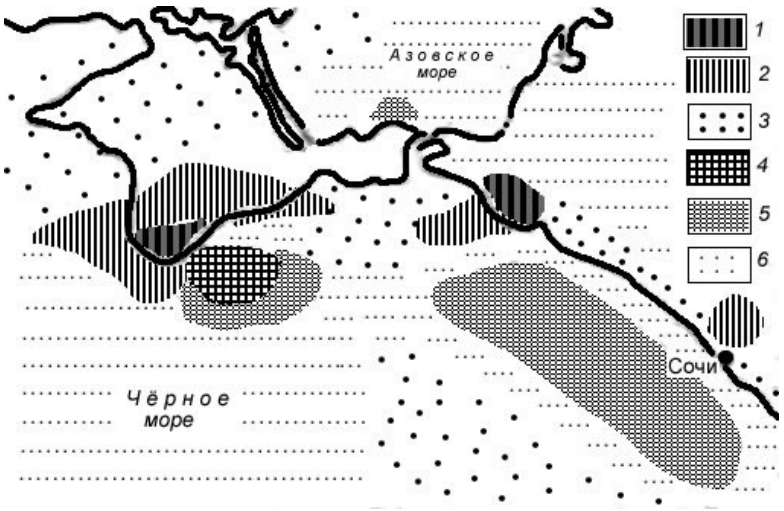


Рис. 1. Схема гравитационных аномалий Черноморского региона в районе Крыма, выполненных в гидротопографической редукции.
Положительные аномалии:
1 – очень интенсивные,
2 – умеренно интенсивные,
3 – слабые.
Отрицательные аномалии:
4 – очень интенсивные,
5 – умеренно интенсивные,
6 – слабые
(по материалам [Буланже, 1975])

Наблюдается прямое соответствие между гравитационным полем и структурами фундамента. Положительным аномалиям соответствуют приподнятые участки фундамента, отрицательным аномалиям – опущенные участки складчатого сооружения. В районе побережья Восточного Крыма наблюдается сильно выраженная отрицательная аномалия, соответствующая, по-видимому, участку опускающихся осадочных пород литосферной плиты пониженной плотности относительно верхней мантии. Сейсмологический разрез профиля в меридиональном направлении от берегов Турции к Феодосийскому заливу и далее через Азовское море с выходом на Восточно-Европейскую платформу (ВЕП) представлен на рисунке 2 [Ермаков, 2005].

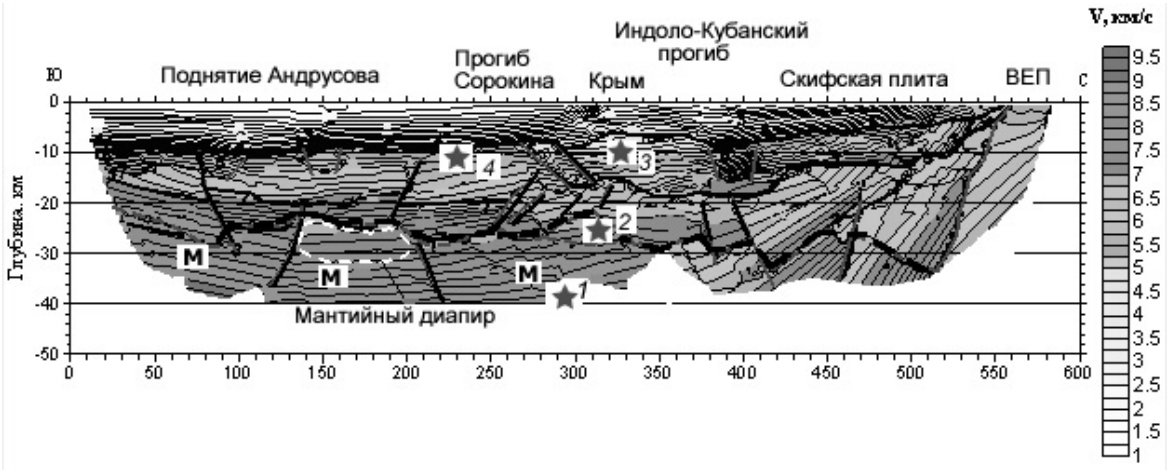


Рис. 2. Сейсмологический разрез профиля в меридиональном направлении от берегов Турции к Феодосийскому заливу. Сечение изолиний скорости (тонкие линии) 0,25 км. Толстые сплошные линии – тектонические нарушения, черная пунктирная линия – граница Мохо. М – верхняя мантия, белый пунктирный овал – район предполагаемого мантийного диапира. Звездочки – землетрясения (см. табл. 1) (по материалам [Ермаков, 2005])

Таблица 1

Характеристики землетрясений в районе Крымского побережья в 2013–2018 гг. (А – направление главной оси эллипса рассеяния положения эпицентра)

№	Дата	Координаты эпицентра (град.)		Глубина очага, км	M	A, град.
		широта	долгота			
1	02.03.2014	44,27 N	34,31 E	40	4,1	28
2	15.10.2013	44,55 N	34,41 E	28	3,6	40
3	13.05.2016	44,63 N	34,44 E	10	4,1	32
4	14.08.2018	44,17 N	35,24 E	10	4,5	178

На разрезе по этому профилю зона сочленения субокеанической коры Черного моря и континентальной коры Крыма представлена системой разнонаправленных тектонических нарушений. Схема основных геодинамических движений и эпицентры землетрясений в районе восточного побережья Крыма представлены на рисунке 3.

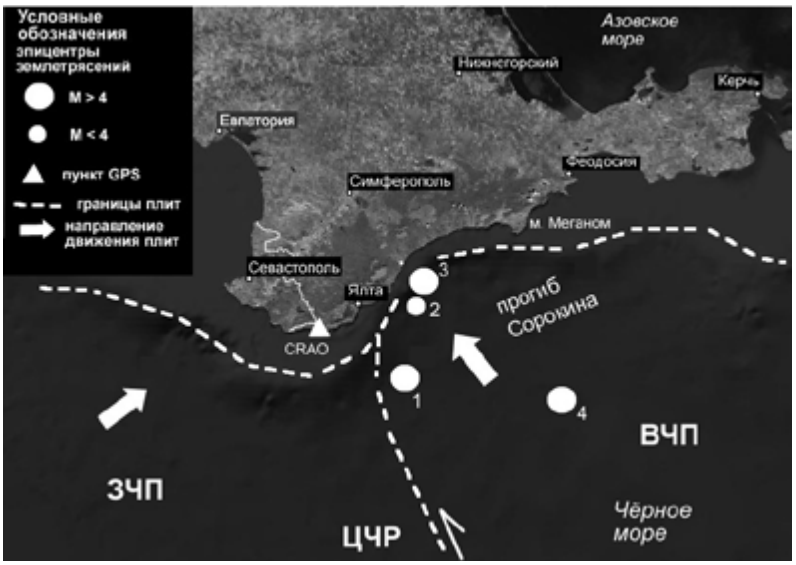


Рис. 3. Схема основных геодинамических движений и эпицентры землетрясений в районе восточного побережья Крыма. ЗЧП – Западно-Черноморская плита, ВЧП – Восточно-Черноморская плита, ЦЧР – Центрально-Черноморский разлом. Использовались материалы [Паталаха, 2003]

Далее рассматриваются 4 сейсмических события, зафиксированные вблизи побережья Крыма в разные годы (табл. 1). Для исследования характера движений земной коры в период подготовки и прохождения этих землетрясений в сети Интернет были получены первичные файлы измерений на международном спутниковом геодинамическом пункте (СГП) в Симеизе (CRAO). Исходные данные обрабатывались пакетом GAMIT, и строились траектории движения СГП с 2013 по 2018 г. График горизонтальных движений в период прохождения сейсмособытия 15.10.2013 приводится на рисунке 4.

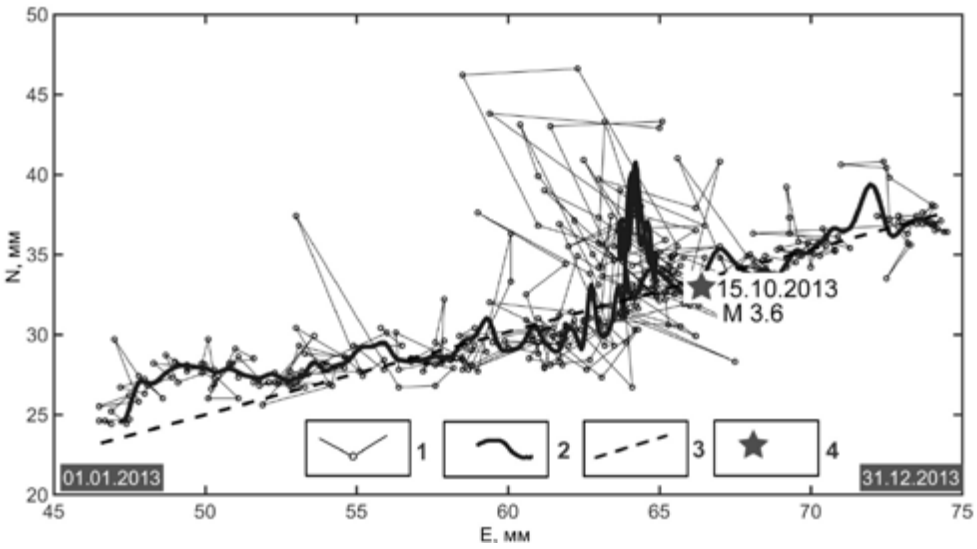


Рис. 4. Движение пункта CRAO в горизонтальной плоскости и сейсмичность в 2013 г. 1–3 – траектория движения: 1 – исходная, 2 – сглаженная, 3 – тренд, 4 – номер ближайшего сейсмособытия. Даты на темном фоне указывают на начало и конец наблюдений. N, E – смещение в северном и восточном направлении соответственно

Рассматривая положение гипоцентров землетрясений № 1–4 (см. табл. 1) на сейсмологическом профиле (рис. 2) и эпицентров на рисунке 3, можно заметить, что сейсмические события № 3 и № 4 произошли на глубине 10 км в пределах упруго-хрупкого слоя земной коры и относятся к типичным коровым землетрясениям.

Землетрясение № 2 с глубиной гипоцентра 28 км произошло на границе нижнего слоя земной коры Крыма и верхней мантии, выступающей в качестве более плотной и деформируемой подложки в модели СЗ [Бабешко и др., 2018]. На рисунке 4 заметна высокоамплитудная геодинамическая аномалия горизонтального движения СГП, отвечающая, по-видимому, нарастающему давлению ВЧП на мощную континентальную кору Крыма. Сеть разнонаправленных разломов, уходящих на глубину до границы Мохо и, возможно, дальше в верхнюю мантию, определяет блочную структуру этой зоны и создает условия реализации землетрясения № 2 по механизму «стартового».

Землетрясение № 1 (M = 4,1) произошло на глубине 40 км без заметных проявлений на графиках движения СГП CRAO. Можно предположить, что очаг этого землетрясения возник в результате сближения и взаимодействия глубоко погруженных в верхнюю мантию блоков литосферы субокеанической плиты и также имеет характер «стартового».

В настоящее время в результате геологической интерпретации аномальных геофизических полей (гравитационных, магнитных, тепловых и др.) всё большее подтверждение получает модель поддвига субокеанической коры со стороны Восточно-Черноморской впадины под континентальный блок Скифской плиты в районах Керченского, Таманского полуостровов и Западного Кавказа. Дополнительные исследования в этих районах, по-видимому, также могут выявить условия реализации СЗ.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации Госзадания Минобрнауки на 2020 г., проект (9.8753.2017/8.9), ЮНЦ РАН на 2020 г., проект (00-20-13), № госрег. 01201354241, а также при поддержке грантов РФФИ (19-41-230003), (19-41-230004), (19-48-230014), (18-08-00465), (18-01-00384), (18-05-80008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М.* К проблеме физико-механического предвестника стартового землетрясения: место, время, интенсивность // ДАН. 2016. Т. 466 (6). С. 664–669.
2. *Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Хрипков Д.А., Телятников И.С., Евдокимов В.С., Шестопалов В.Л.* О стартовых землетрясениях в прибрежной зоне // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2018. № 3. С. 12–18.
3. Земная кора и история развития Черноморской впадины / под ред. Ю.Д. Буланже. М.: Наука, 1975. 356 с.
4. *Ермаков А.П., Пийп В.Б.* Глубинное строение Черноморской впадины по результатам новой интерпретации сейсмических данных // Тезисы научной конференции. Ломоносовские чтения. 2005. URL: http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1172795.
5. *Паталаха Е.И., Гончар В.В., Трегубенко В.И.* Новый взгляд на современный орогенез горного Крыма: механизм процесса // Геолог. журн. 2003. № 1. С. 118–126.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АРХИВНЫХ ДАННЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ СИНОПТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ФРОНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЮЖНОГО ОКЕАНА

В.В. Ионов

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
v.ionov@spbu.ru

Общепринято, что климат в некотором смысле – «средняя погода», включая ее колебания и влияние на земную поверхность. Главная проблема в определении климата состоит в том, чтобы сделать это интуитивное понятие достаточно точным, чтобы оно могло быть положенным в основу теории климата. Выбранные количественные характеристики климата должны быть не только чувствительными индикаторами и отражать его крупномасштабные изменения, но и допускать удобные и точные измерения [Глобальный климат, 1987].

Климат Земли можно определить как статистический ансамбль синоптических состояний глобальной климатической системы атмосфера – океан – суша. Атмосфера и океан беспрестанно и активно взаимодействуют друг с другом на поверхности своего раздела, составляющей более $^2/_3$ поверхности Земли. Для надежных представлений о климате планеты в целом важно понимание физических процессов, происходящих в приповерхностных водах океанов и морей.

Климатические изменения в Мировом океане можно достоверно оценить, лишь осуществляя синоптический (от греч. *sunoptikos* – обозревающий все вместе) мониторинг его основных климатически значимых физических параметров. Наиболее доступны для прямых и дистанционных (спутниковых) наблюдений сведения о температуре поверхности моря.

Южный океан – одно из важнейших звеньев климатической системы планеты. Однако скудость прямых океанографических наблюдений в этой удаленной и суровой для мореплавания части Мирового океана препятствует ясному пониманию физики и динамики процессов, которые отличают Южный океан от других океанических бассейнов.

Главная особенность непрерывного кольца океанических вод, охватывающего Антарктиду, – Антарктическое циркумполярное течение (АЦТ). АЦТ играет ключевую роль в глобальном переносе массы, тепла и количества движения, перенося климатические возмущения из одного бассейна Мирового океана в другой. Характерной чертой гидрологии поверхностных вод Южного океана является множественность фронтальных разделов водных масс различного происхождения. Главные фронты: Субтропический (СТФ), Субантарктический (САФ) и Полярный (ПФ). Последние формируются в пределах АЦТ [Holliday, Read, 1998].

Наблюдения с различных океанических платформ показывают, что теплосодержание верхнего слоя вод Мирового океана с 1970-х гг. постоянно растет. Одни области океана нагреваются быстрее других, а некоторые регионы даже охлаждаются. Потепление глав-

ным образом возрастает на поверхности океана, тем не менее подповерхностные слои вод вносят существенный вклад в увеличение океанического содержания тепла [Volkov, 2018].

Начиная с 2006 г. приблизительно 60–90 % изменения теплосодержания Мирового океана, связанного с глобальным потеплением, поглощается Южным океаном. Однако нагревание его водных масс неоднородно. В то время как верхние 1000 м Южного океана, в АЦТ и к северу от него нагреваются примерно на 0,1–0,2 °С за десятилетие, поверхностные воды субполярных морей, к югу от этого региона, не нагреваются или немного охлаждаются. В последнее десятилетие, для которого имеется больше всего измерений автономно плавающих буев «Арго», доля Южного океана в содержании тепла в глобальном слое вод 0–2000 м поднялась на 67 % – до 98 % (за период 2006–2014 гг.) с явственным пиком в полосе широт АЦТ и севернее его (30°–50° S) [Sallée, 2018].

Синоптический мониторинг поверхностных термических фронтов основан на регулярных непрерывных попутных измерениях температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) *in situ* во время морских операций-снабжений российских антарктических станций. Это открывает возможность по величине горизонтальных градиентов ТПСМ точного определения широтных местоположений поверхностных фронтов. Такие данные позволяют *теперь* знать пространственную структуру поверхностных фронтов в океане существенно детальнее, чем это позволяли измерения на гидрологических станциях в океане *прежде*, – в лучшем случае через 30 морских миль [Lutjeharms, Valentine, 1984].

Главные фронты Южного океана регулярно пересекаются научно-экспедиционными судами (НЭС) снабжения Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в индоокеанском секторе (15–20° E и 40–50° S) между Африкой и Антарктидой [Ионов, Лукин, 2017]. Экспериментальной основой исследований кафедры океанологии СПбГУ в Южном океане в 2007–2017 гг. на НЭС «Академик Фёдоров» служат контактные географически точно привязанные измерения ТПСМ по ходу судна, для контроля – синхронные данные дистанционных (спутниковых) зондирований температуры поверхности моря (ТПМ) радиометрами метеорологических спутников серии NOAA [Ионов, 2015].

В межгодовых сезонных (декабрь) положениях климатических фронтов СТФ и САФ на поверхности моря нами выявлена тенденция к их смещению на юг – как свидетельство

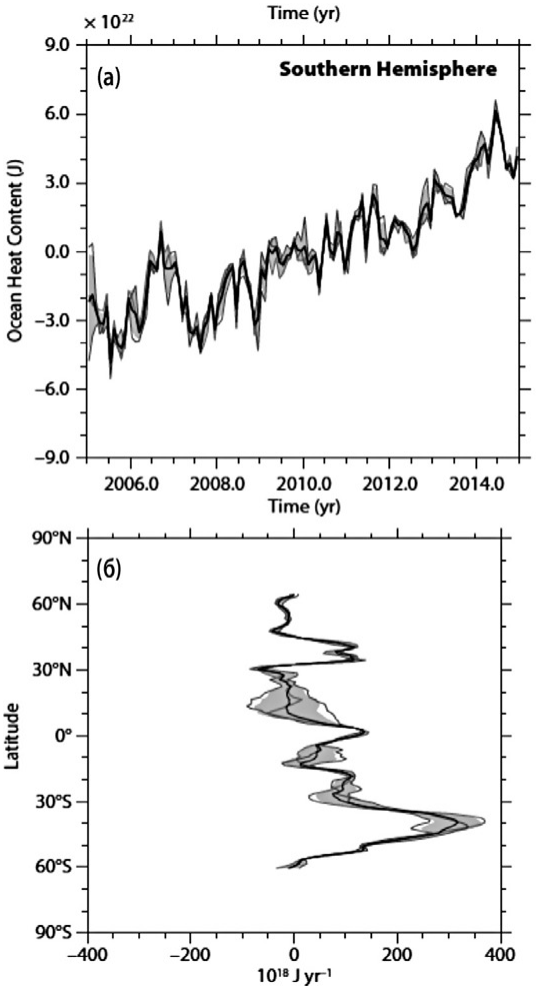


Рис. 1. Оценки межгодовых изменений относительно температурного климата теплосодержания вод Мирового океана выше глубины 2000 м в Южном полушарии (а); зонально осредненные оценки изменения океанического теплосодержания в 10^{18} Дж/год (б). Адаптировано из: [Llovel, Terray, 2016]

потепления поверхностного слоя вод. 11-летний ряд наблюдений демонстрирует явный тренд к сдвигу СТФ и САФ (следовательно, более теплых субтропических поверхностных вод) к Антарктиде. Напротив, у ПФ имеется малозаметный тренд к северу малозаметный тренд к северу (рис. 1, 2).

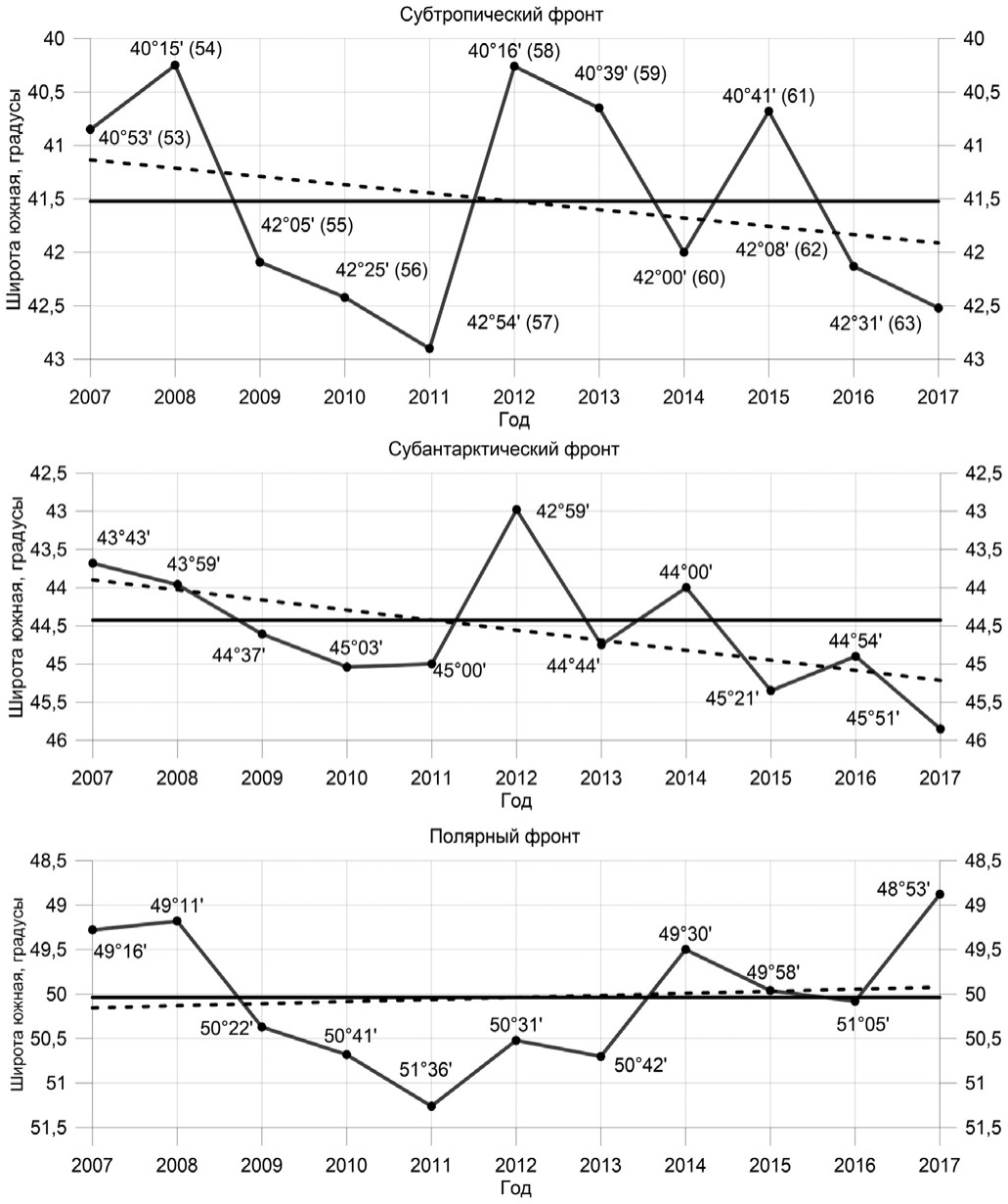


Рис. 2. Временной ход широтных положений основных поверхностных термических фронтов Южного океана: СТФ, САФ, ПФ в декабре 2007–2017 гг. 53–63 РАЭ

Явное преобладание теплосодержания в полосе широт АЦТ в период 2005–2015 гг. (рис. 1б) и отчетливое проявление этого климатического сигнала примерно в те же годы в тенденции к югу в межгодовой изменчивости местоположений двух главных фронтов Южного океана (рис. 2) вкупе косвенно подтверждают климатологическую значимость результатов наших наблюдений в индийском секторе Южного океана. Это обнадеживает, но ставит вопросы.

Можно ли вместо непрерывной регистрации ТПСМ использовать трехчасовые данные наблюдений? Возможно ли таким образом удлинить временной ряд ежегодных широтных положений главных поверхностных термических фронтов за счет прошлых лет, до начала в 2007 г. непрерывной регистрации данных о ТПСМ с их точной географической привязкой? И еще более общий вопрос: можно ли полагаться на архивные данные стандартных судовых гидрометеорологических наблюдений в целях синоптического мониторинга поверхностных фронтов Южного океана?

Для ответа на эти вопросы было проведено сравнение временных ходов широтных положений СТФ, САФ и ПФ, полученных по непрерывным и срочным данным наблюдений в декабре 2007–2016 гг. (рис. 3).

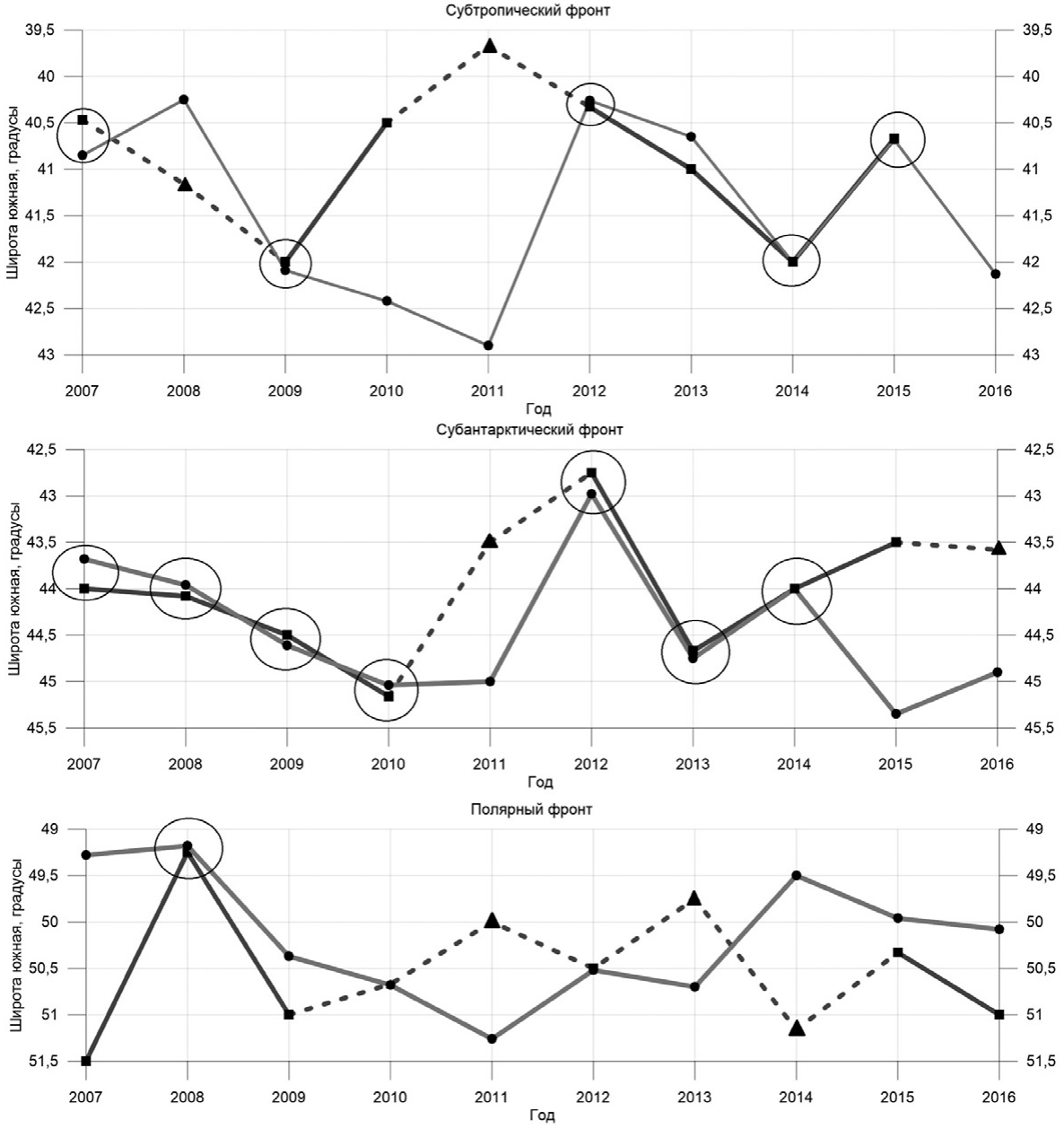


Рис. 3. Временной ход положений СТФ, САФ и ПФ
по непрерывным и срочным данным, 2007–2016 гг., декабрь

Совпадением принималось расстояние (кружок) для пары местоположений меньше половины градуса широты – 30 морских миль. В итоге за десять лет для трех фронтов имело место 13 совпадений местоположений по срочным и непрерывным данным наблюдений из 30 возможных – меньше 50 % рассмотренных случаев.

Следовательно, применение архивных срочных данных для синоптического мониторинга основных поверхностных термических фронтов Южного океана, к сожалению, не представляется возможным. Удлинять временной ряд ежегодных широтных местоположений климатических фронтов на поверхности Южного океана между Африкой и Антарктидой можно только вперед, продолжая вести непрерывные попутные наблюдения за ТПСМ во время регулярных рейсов НЭС по снабжению российских антарктических научных станций.

«Мы должны… находить способы убеждать молодых ученых в том, что начинание временной серии наблюдений в 30-летнем возрасте даст им климатический временной ряд в возрасте 60 лет. Для океанографического сообщества это должно быть приоритетом. Данные, не полученные сегодня, утрачены навсегда» [Schmitt, 2018, p. 38].

Исследование выполнено в рамках работ РАЭ по подпрограмме «Организация и обеспечение работ и научных исследований в Антарктике» ГП РФ «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальный климат / под ред. Дж.Т. Хотона; пер. с англ. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 502 с.
2. *Ионов В.В.* Синоптический мониторинг поверхностных термических фронтов Южного океана // Труды ВНИРО. 2015. Т. 157. С. 143–150.
3. *Ионов В.В., Лукин В.В.* Десять лет мониторинга климатически значащих термических характеристик поверхности Южного океана на основе прямых и спутниковых наблюдений // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. № 3. С. 5–15.
4. *Volkov D.L.* Ocean warming // AccessScience. McGraw-Hill Education, 2018.
5. *Holliday N.P. Read J.F.* Surface oceanic fronts between Africa and Antarctica // Deep-Sea Res. 1998. I. 45. P. 217–238.
6. *Llovel W., Terray L.* Observed southern upper-ocean warming over 2005–2014 and associated mechanisms // Environ. Res. Lett. 2016. 11. 1240238.
7. *Lutjeharms J.R.E., Valentine H.R.* Southern Ocean thermal fronts south of Africa // Deep-Sea Res. 1984. Vol. 31. No. 12. P. 1461–1475.
8. *Sallée J.-B.* Southern Ocean warming // Oceanography. 2018. 31 (2). P. 52–62.
9. *Schmitt R.W.* The ocean's role in climate // Oceanography. 2018. 31 (2). P. 32–40.

АНАЛИЗ ОПОЛЗНЕВОЙ АКТИВНОСТИ СУХОПУТНОЙ ЧАСТИ ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА «ГОЛУБОЙ ПОТОК» ПО ДАННЫМ ГАЗ-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

М.В. Карцева[1], В.А. Фоменко[1], В.В. Куликова[1], А.М. Бородако[1], В.В. Климов[2], В.Л. Шестопалов[3], В.М. Шереметьев[4]

[1]Акционерное общество «Южморгеология», г. Геленджик
[2]Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар
[3]Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону
[4]ООО «Проектный институт территориального планирования», г. Краснодар
FomenkoVA@rusgeology.ru, KartsevaMV@rusgeology.ru,
vkurganskaya@yandex.ru, andrej_borodako@mail.ru,
vvklimov2010@gmail.com, valcpg@mail.ru, sheremetev-v@mail.ru

Для магистрального газопровода (МГ) «Голубой поток», трасса которого в прибрежной полосе проходит в сложных условиях горного рельефа, представляет интерес степень влияния внешних природных факторов на интенсивность опасных экзогенных процессов (оползни, проседания, обвалы и т.п.). Решению этой задачи посвящена настоящая работа, проведенная по материалам обследования 34 оползневых участков трассы МГ «Голубой поток», данным каталога региональной сейсмичности, измерениям показаний объемной активности гелия и записям метеорологических наблюдений за уровнем осадков на метеостанции г. Горячий ключ в период 2006 и 2007 гг.

Проявление и развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП), их генетические особенности и режим активации определяются сложным сочетанием природных и антропогенных факторов. Среди них выделяются группы постоянных, медленно изменяющихся и быстро изменяющихся факторов. К первой группе относятся геологические и геоморфологические условия территории. Ко второй группе факторов относятся современные тектонические движения и климатические условия. К третьей – метеорологические, гидрологические и техногенные условия.

В настоящей работе рассматривается влияние факторов второй и третьей группы на процесс активизации ЭГП в районе МГ «Голубой поток». В качестве параметров таблицы исходных данных в течение месяца определялись: показатель активности ЭГП ($N_{ЭГП}$), число сейсмических событий в районе МГ ($N_{ССБ}$) и на территории всего Черноморского побережья Краснодарского края ($N_{СС}$) из каталога Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН), показания содержания гелия в подземных водах и количество среднемесячных осадков за период 2006–2007 гг. Формализация параметра $N_{ЭГП}$ проводилась по исходным данным паспорта оползневых участков в течение месяца. Рассматривались данные паспортов 34 оползневых участков. В таблице событий ЭГП при изменении одного или более параметров оползня устанавливался признак активизации 1 и при неизменных параметрах устанавливался признак стабилизации 0. Фрагмент матрицы событий ЭГП для пяти оползневых участков представлен в таблице 1.

Таблица 1

Фрагмент матрицы событий ЭГП

Номер оползневого участка	2006 г.												2007 г.						
	месяц												месяц						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Суммирование по столбцам таблицы 1 дает информацию об активности ЭГП за каждый месяц для всех 34 оползневых участков на трассе МГ. На рисунке 1 представлена гистограмма распределения активности ЭГП и сейсмособытий в 2006–2007 гг.

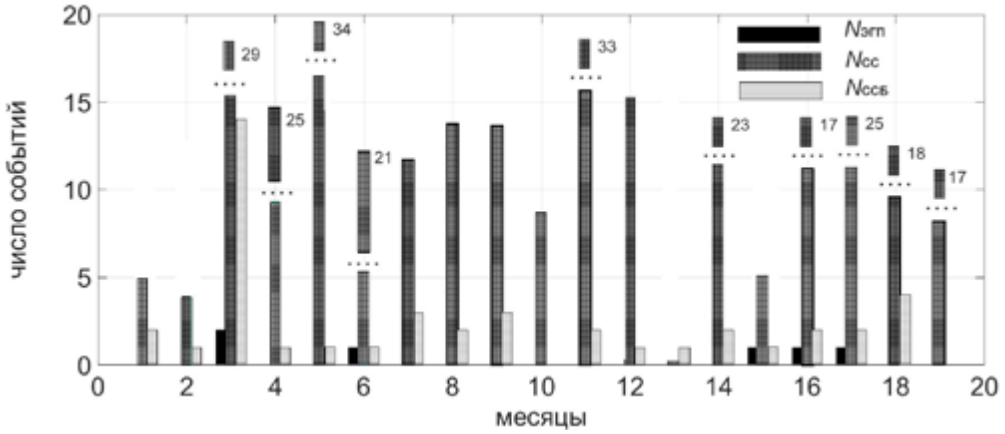


Рис. 1. Распределение числа ЭГП ($N_{ЭГП}$), общего числа землетрясений ($N_{СС}$) и сейсмособытий в ближней зоне ($N_{ССБ}$) в 2006–2007 гг. (расположение эпицентров в ближней зоне от трассы МГ показано на рис. 2)

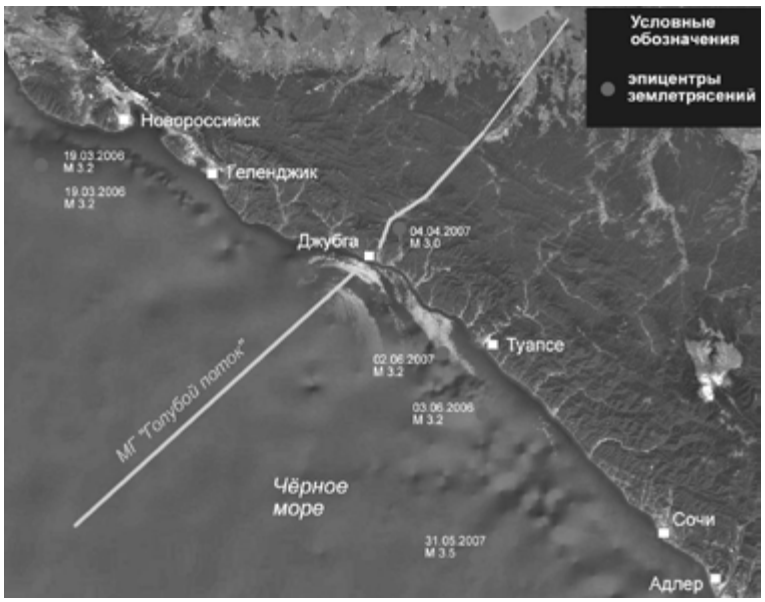


Рис. 2. Расположение эпицентров землетрясений в районе трассы МГ

При анализе влияния сейсмической активности на оползневые процессы сухопутной части трассы МГ учитывалось влияние землетрясений, произошедших как на суше, так и в акватории Черного моря. Окончательно входная таблица наблюдений имеет следующий вид (табл. 2).

Таблица 2

Входные данные наблюдений

Год	Месяц	N_{CC}	$N_{ССБ}$	$N_{ЭГП}$	Среднемесячные осадки, мм	*He*, nx10^{-5} мл/л
2006	1	12	0	2	51	180
	2	10	0	1	137	150
	3	36	2	14	11	300
	4	32	0	1	25	350
	5	41	0	1	52	170
	6	28	1	1	40	280
	7	19	0	3	1	140
	8	21	0	2	1	70
	9	21	0	3	1	240
	10	14	0	0	50	140
	11	40	0	2	74	160
	12	23	0	1	43	170
2007	1	7	0	1	62	180
	2	30	0	2	23	230
	3	12	1	1	57	270
	4	24	1	2	23	260
	5	32	1	2	39	100
	6	25	0	4	68	130
	7	24	0	0	18	160

Примечание: N_{CC} – число сейсмических событий на территории всего Черноморского побережья Краснодарского края, $N_{ССБ}$ – число сейсмических событий в районе МГ, $N_{ЭГП}$ – число активных ЭГП за месяц наблюдений. Были использованы данные среднемесячных осадков метеостанции г. Горячий Ключ.

Временные ряды наблюдений, представленные в таблице 2, анализировались на степень их взаимозависимости методами математической статистики. Точечный коэффициент корреляции определялся по формуле [Зарубин, 2001]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x} \right) \left(y_i - \bar{y} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x} \right)^2 \left(y_i - \bar{y} \right)^2}},$$

где x и y – временные ряды ЭГП и сейсмособытий соответственно, n = 19 – число месяцев наблюдений, r – точечный коэффициент корреляции. Значимость r выполнялась провер-

кой статистической гипотезы H_o $r = 0$ (согласно которой нормально распределенные случайные величины независимы) построением статистики

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}},$$

которая имеет распределение Стьюдента с $n - 2$ степенями свободы. Если окажется, что

$$\frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \; t_{1-\alpha/2} < (n-2),$$

то гипотезу H_o принимают на уровне значимости α. Если принять α = 0,05, то для исследуемых рядов при $n = 19$ $t_{0,975}(17) = 2,101$ (из таблицы Приложения 2 [Зарубин, 2001]). Результаты статистического теста корреляционной зависимости для рядов наблюдений близкой и общей сейсмичностей (колонки 3 и 4 в табл. 2) и ряда наблюдений за активностью ЭГП (колонка 5 в табл. 2) приводятся в таблице 3.

Таблица 3

Статистический тест корреляционной зависимости для рядов наблюдений близкой и общей сейсмичностей и ряда наблюдений за активностью ЭГП

Число сейсмособытий	r	t
$N_{ССБ}$	0,64	3,49
$N_{СС}$	0,36	1,59

Данные таблицы 3 показывают значимость коэффициента корреляции r числа близких землетрясений $N_{ССБ}$ с числом ЭГП, так как $t = 3,49 > t_{0,975} = 2,101$. Для значения r связи общей сейсмичности $N_{СС}$ с $N_{ЭГП}$ принимается нулевая гипотеза, так как $t = 1,59 < t_{0,975} = 2,101$.

В ходе эксплуатации МГ важным является выявление и изучение причин активизации ЭГП, определение их значимости для каждого участка, что обеспечивает принятие наиболее оптимальных мер по устранению этих причин в целях создания безопасности и стабильности функционирования газопровода [Левченко и др., 2007].

Однако анализ совокупности разнородных рядов геофизических наблюдений часто бывает затруднен ввиду сложной взаимозависимости наблюдаемых явлений, часть которых является проявлением других, более глубинных процессов. В этих условиях бывает трудно построить начальную модель данных типа регрессии и т.п. Для решения подобных задач в качестве первого этапа исследований может быть использован метод факторного анализа (ФА) [Harman, 1976]. В настоящей работе была поставлена задача установить взаимосвязь активности ЭГП, сейсмичности, осадков и газ-геофизических полей. ФА представляет модель входных данных в следующем виде:

$$x = \Lambda f + e,$$

где x – вектор входных данных, Λ – матрица факторных нагрузок, f – вектор независимых латентных переменных (факторов), e – вектор независимых специфичных факторов.

Вычисления на основе построенной модели данных производились процедурой Factoran пакета Matlab. Методом максимального правдоподобия вычислялась матрица факторных нагрузок Λ, элементы которой имеют смысл степени корреляции (связи) измеряемого параметра с данным фактором. Число существенных факторов определялось их вкладом в общую дисперсию параметров построением диаграммы Парето (рис. 3). Анализ рисунка 3 показывает, что наиболее значимыми являются первый и второй факторы.

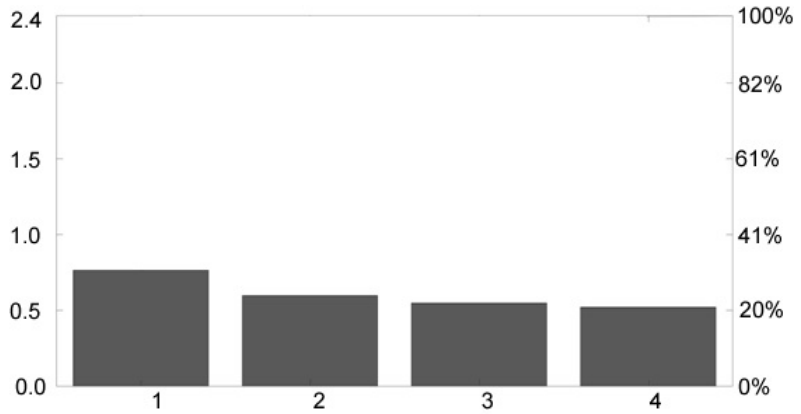


Рис. 3. Диаграмма Парето вклада в общую дисперсию первых четырех факторов

Факторные нагрузки наблюдаемых параметров на два первых значимых фактора представлены на рисунке 4. Среднемесячный уровень осадков на рисунке 4 обозначен как О. Анализ рисунка 4 показывает группу параметров NССБ, NЭГП и Не, тесно связанных с первым фактором. Среднемесячный уровень осадков О и NСС более тесно коррелируют со вторым фактором.

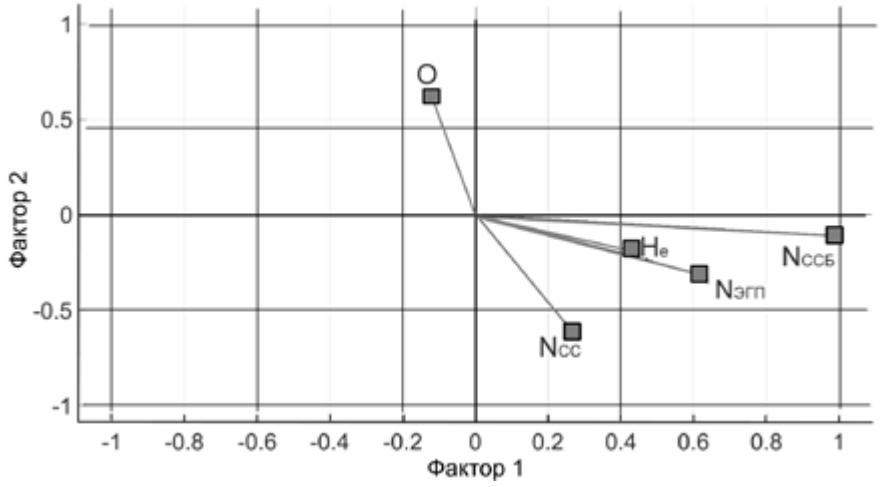


Рис. 4. Факторные нагрузки наблюдаемых параметров
на два первых значимых фактора

Результаты факторного анализа показывают преобладающую зависимость числа ЭГП $N_{ЭГП}$ за период наблюдений от близкой сейсмичности $N_{ССБ}$. Корреляционный анализ также подтверждает значимость коэффициента корреляции r числа близких землетрясений $N_{ССБ}$ с числом ЭГП. Показания содержаний гелия *He* и общая сейсмичность $N_{СС}$ с первым фактором связаны в гораздо меньшей степени.

Корреляция среднемесячного уровня осадков и общей сейсмичности N_{CC} может отражать установленный эффект нарастания сейсмичности в условиях повышенной обводненности территории при заполнении искусственных водохранилищ или при закачке воды в глубокие скважины [Рикитаки, 1979]. Результатом проведенного исследования можно считать существенное влияние на активность ЭГП близко расположенных эпицентров землетрясений.

Публикация подготовлена в рамках реализации госзадания ЮНЦ РАН, № гос. регистрации проекта 01201354241, при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80008 «Опасные явления» и контракта АО «Южморгеология» № 01/2018-04-ЮРЦ (03) «Ведение наблюдений за геофизическими и газо-гидрогеохимическими полями в пределах Азовской, Черноморской и Каспийской прибрежных зон Северо-Кавказского сейсмоактивного региона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарубин В.С.* Математическая статистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 424 с.
2. *Касьянова Н.А.* Экологические риски и геодинамика М.: Научный мир, 2003. 332 с.
3. *Левченко В.Г., Деянова Е.В., Шмандий П.М., Левшин В.Л., Киселев Ю. В., Енгибарян А.А.* Мониторинг опасных геологических процессов на трассе МГ Россия – Турция // Газовая промышленность. 2007. № 4. С. 79–83.
4. *Рикитаки Т.* Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1979. 388 с.
5. *Harman H.H.* Modern Factor Analysis. 3rd ed. University of Chicago Press, Chicago, 1976. 487 p.

«ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НИКЕМ НЕ КОНТРОЛИРУЮТСЯ…»: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОФЕССОРА В.П. ЗЕНКОВИЧА ПО ЗАЩИТЕ МОРСКИХ БЕРЕГОВ

Е.Ф. Кринко

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
krinko@ssc-ras.ru

В конце 1960-х гг. по южным морям СССР прокатилась волна природных катаклизмов, сопровождавшихся не только значительными разрушениями хозяйственной и социальной инфраструктуры, жилых и производственных зданий, но и человеческими жертвами. Особенно серьезные последствия имело наводнение в Причерноморье в начале 1969 г. Крупный ущерб оно нанесло Пицунде, являвшейся в то время одной из главных здравниц для партийно-государственной номенклатуры, советской культурной элиты и туристов из зарубежных, преимущественно социалистических стран. Катастрофические разрушения морских набережных на протяжении сотен метров в результате зимних штормов 1967–1969 гг. произошли также в городской зоне Адлера и в центральном районе Сочи [ГАРФ]. Помимо естественных причин, эти стихийные бедствия во многом были вызваны возросшей активностью человека в освоении морской прибрежной зоны, что вело к резкому нарушению сложившегося природного равновесия и разрушениям берегов. 17 января 1969 г. Совет Министров СССР принял специальное постановление «О некоторых мерах по защите берегов Черного моря от разрушения и рациональному использованию территории курортов Черноморского побережья».

Свою роль в исследовании причин возникших проблем играла и академическая наука. Еще в 1946 г. в Институте океанологии АН СССР была создана лаборатория прибрежной зоны морей для комплексного изучения динамики морских берегов и прилегающей к ним части акватории. С момента образования и до 1971 г. ее возглавлял доктор географических наук, профессор Всеволод Павлович Зенкович (1910–1994), с именем которого современные исследователи связывают «научный и технологический прорыв страны в области изучения и освоения ресурсов морских побережий» [Матишов, Артюхин, 2010].

С 18 по 25 апреля 1969 г. по инициативе В.П. Зенковича, как председателя секции по изучению берегов и устьев рек Океанографической комиссии Президиума АН СССР, в Сочи состоялась XI научно-координационная конференция по исследованию берегов. Ее организаторами также выступили исполком Сочинского городского Совета депутатов трудящихся и Черноморская лаборатория берегоукрепительных сооружений им. А.М. Жданова Всесоюзного НИИ транспортного строительства Министерства транспортного строительства СССР. В работе конференции приняли участие 267 специалистов из 150 учреждений АН СССР, республиканских академий, вузов, проектных институтов и строительных управлений министерств и ведомств. На пленарных заседаниях было заслушано 12 докладов, на 4 секциях – 138 [Вендров, Зенкович, 1970].

В итоговом решении конференции главной причиной «активизации разрушения берегов Черного моря за последние десятилетия» была названа «бесконтрольная хозяйственная деятельность: использование пляжных и речных наносов для строительства, нарушение баланса стока при гидротехническом строительстве на реках, а также ошибки в морском гидротехническом строительстве (сооружение Сочинского и Очамчирского портов, сброс р. Риони в новое русло и др.)». Наилучшим способом борьбы с разрушениями было указано «возобновление защитной пляжевой полосы». Отметив существенные успехи в исследованиях природного режима береговой зоны морей и водохранилищ, участники конференции подчеркнули, «что количественный анализ и количественное прогнозирование береговой зоны еще невозможны», а выполненные научные разработки на Черном море «недостаточны для рационального проектирования берегоукрепительных сооружений и для надежного прогноза изменений береговой зоны».

В итоговой резолюции также были намечены новые направления исследований и выдвинуты практические предложения, включая создание научно-производственной Береговой службы Черного моря, «которая должна работать в контакте с исследовательскими, проектными и эксплуатирующими учреждениями по соответствующим районам». В ее задачи должно было входить: «а) систематические обследования и замеры береговой зоны, фиксация всех ее изменений и сопоставление полученных материалов; систематическое обследование сохранности и эффекта действия берегозащитных сооружений, а также гидротехнических сооружений в низовьях рек. Контроль исполнения соответствующих распоряжений о запрете изъятий пляжевых и донных наносов; участие в создании кадастра Черного моря». Помимо этого, по мнению участников конференции, размах хозяйственного освоения береговой зоны требовал организационной перестройки общетеоретических и региональных научных исследований, в первую очередь объединения их руководства, создания соответствующей экспериментальной базы и коллектива исследователей, включавшего научных работников разных специальностей. Поэтому они просили Отделение океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР рассмотреть вопрос о создании специального учреждения по изучению береговой зоны морей и водохранилищ, а затем выйти с соответствующим ходатайством в Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике. Говорилось также о необходимости подготовки кадров соответствующих специалистов и решении других научных и производственных задач [ГАРФ].

На следующий год В.П. Зенкович от своего имени подал докладную записку заместителю председателя Совета Министров СССР К.Т. Мазурову, в которой актуализировал, дополнил и развил итоговые решения конференции, приведя их в качестве приложения. Отметив важность принятых правительственных решений, В.П. Зенкович указал на то, что «по ряду обстоятельств упомянутое выше Постановление СМ СССР за истекшие полтора года практически не выполняется. Насколько мне известно, Госстроем СССР разрабатываются проекты соответствующих постановлений по использованию береговой зоны других морей и водохранилищ. Общая длина берегов последних уже составила 30 тыс. км» [ГАРФ].

Характеризуя причины разрушения морских берегов и последовавших неоправданных расходов, В.П. Зенкович, помимо тех, которые были названы в итоговом решении конференции, добавил ошибки в проектировании прибрежных сооружений (приведя в качестве примера Пицундский санаторный комплекс и курорты «Фальшивого Геленджика») и в прогнозировании «естественного отступания берегов, в результате чего приходится повторно переносить сооружения, дороги, населенные пункты». Он также отметил «действие специфических природных процессов, которые недостаточно изучены для того, чтобы их

прогнозировать или бороться с ними (например, подводные каньоны восточной части Черного моря)» [ГАРФ].

В.П. Зенкович отмечал, что вопросами регулирования режима и защиты берегов морей и водохранилищ занимается целый ряд научных и проектных организаций, но в каждой из них «имеются лишь небольшие группы специалистов, не всегда с достаточной квалификацией. Они в силах решать лишь локальные задачи без должной увязки с режимом больших протяжений морского берега, что и приводит к ошибкам и удорожанию мероприятий». В частности, для Черного моря разрабатывались генеральные планы берегозащиты и создания пляжей. Однако существовавшие научные разработки, по его мнению, для этого были недостаточны. В.П. Зенкович отмечал, что «совершенно отсутствуют ряды долговременных наблюдений за режимом берега (кроме отдельных точек: Одесса, Сочи, Геленджик)». По его словам, «выполняемые исследования и проектирование никем не контролируются и не координируются, что часто приводит к дублированию и низкому качеству работ. При существующем состоянии дела предпринимаемые разрозненные попытки борьбы с описанным природным бедствием обречены на неудачу и расходование больших средств не даст ожидаемого эффекта. Динамика берегов и водохранилищ представляет сложную научную проблему, пограничную между океанологией, геологией и геоморфологией. Опыт показал, что игнорирование установленных наукой закономерностей приводит к тяжелым последствиям». В то же время он отмечал в качестве примеров «удачных и экономных решений, с учетом действия природных факторов», защиту берегов района Одессы, района Сочи Хоста и ряда участков Южного Крыма.

Опираясь на хорошо известный зарубежный опыт в данной области, В.П. Зенкович считал возможным «исправить существующее положение… сэкономить для страны десятки миллионов рублей по Черному морю и сотни миллионов рублей по всем советским морям и водохранилищам». Для этого он предлагал, во-первых, организовать сначала на Черном, а затем на других морях и водохранилищах Береговую службу, «состоящую из группы постов для постоянного наблюдения и фиксации гидрометеорологических факторов (волны, течения, уровень) и происходящих изменений в положении и строении береговой зоны». По его словам, на всем Черном море понадобилось бы не более 10 постов численностью по 6–8 человек каждый с минимальным оборудованием. Одной из функций этой службы должен стать контроль над выполнением имеющихся постановлений о запрете изъятий насосов с пляжей, из низовьев рек и морского дна. В подтверждение эффективности данного решения он приводил организацию известных ему подобных служб в Польше, ГДР, ФРГ, Голландии и Англии. Во-вторых, следовало учредить Береговую инспекцию при Государственных комитетах по строительству СССР и союзных республик, «в задачи которой должны входить: а) выдача разрешений на проектирование любого гидротехнического и гражданского строительства в береговой полосе и на горных реках, впадающих в море; б) утверждение проектов, включая берегозащитные сооружения и генеральные схемы берегоукрепления; в) контроль за их осуществлением; г) техническое наблюдение за нормальным функционированием берегозащитных сооружений». В-третьих, требовалось создание Научно-исследовательского института при АН СССР «для разработки капитальных опережающих научных проблем прибрежной гидродинамики и береговых процессов, среди которых особое внимание должно быть обращено на закономерности перемещения прибрежных насосов». Главная задача такого института должна была заключаться в обосновании и количественном прогнозировании ожидаемых изменений берегов. По его мнению, пытавшаяся осуществлять указанные задачи лаборатория прибрежной зоны

морей Института океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР имела в своем составе всего 5 самостоятельных исполнителей по данной тематике и не получала необходимой поддержки, в то время как за рубежом на указанные исследования «выделяются многомиллионные средства». В-четвертых, В.П. Зенкович отмечал необходимость создать кадастр берегов, сначала Черного, а затем и некоторых других морей СССР, «представляющий собой свод и обобщение существующих научных и изыскательских материалов, с соответствующими выводами и рекомендациями». Кадастр должен был стать «основным пособием для любого вида проектирования» [ГАРФ].

К.М. Мазуров внимательно отнесся к записке В.П. Зенковича и направил ее сразу в несколько инстанций. Государственному комитету по науке и технике СССР, Государственному комитету по строительству СССР и АН СССР поручалось рассмотреть поставленные вопросы вместе с автором и о результатах доложить в Совет Министров СССР. Комитету народного контроля СССР (в фонде которого в ГАРФ и были выявлены рассматриваемые документы) – организовать проверку выполнения правительственных постановлений, в которую были вовлечены десятки различных ведомств и учреждений. Итоги проверки легли в основу новых правительственных решений, позволивших скорректировать хозяйственное освоение прибрежных территорий. Однако главные предложения В.П. Зенковича, включая и составление кадастра берегов России, которым он занимался на Черном море еще с 1945 г., так и не были приняты. В одной из своих последних работ он с сожалением отмечал, что единую систему государственного кадастра береговой зоны – как действующего инструмента оценки, контроля и прогноза ее развития в целях рационального природопользования и комплексного управления – создать в СССР так и не удалось [Зенкович, 1990].

Статья подготовлена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80043 «Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии: проблемы взаимозависимости и взаимной обусловленности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вендров С.Л., Зенкович В.П.* Проблемы исследований и защиты берегов // Геоморфология. 1970. № 1. С. 46–52.
2. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф. Р-9527. Оп. 1. Д. 2801.
3. *Зенкович В.П.* Кадастр и мониторинг береговой зоны морей СССР // Геоэкология Мирового океана. Л., 1990. С. 120–122.
4. *Матишов Г.Г., Артюхин Ю.В.* Проблемы изучения берегов морей и задача научного обеспечения их освоения (к 100-летию профессора В.П. Зенковича) // Вестник Южного научного центра. 2010. Т. 6. № 2. С. 21–27.

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ И ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ УТРИШСКИХ ОПОЛЗНЕЙ СУШИ И ШЕЛЬФА (ПОЛУОСТРОВ АБРАУ)

С.Г. Миронюк[1], М.П. Кропоткин[2]

[1]ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», г. Москва
[2] ООО НПП «Сингеос», г. Москва
mironyuksg@gmail.com, singeos@narod.ru

Характерной особенностью северо-восточного побережья Черного моря является наличие большого количества сейсмодеформаций, представленных крупными блоковыми оползнями и обвалами. Маршрутные наблюдения, дешифрирование материалов космической съемки [Миронюк, Касимова, 2019], фондовые материалы свидетельствуют, что побережье полуострова Абрау характеризуется наибольшей плотностью оползней в сравнении с другими участками береговой зоны Черного моря.

Эти образования начали изучать с середины прошлого века, но их природа до настоящего времени является предметом дискуссий [Болдырев, 1957; Островский, 1970; Алексеев, Ходырев, 1973; Хромовских и др., 1979; Несмеянов, 1992; Шуляков, 2011; Рогожин, 2014; Никонов, 2016; Крицкая и др., 2017; Миронюк и др., 2019; Овсюченко и др., 2019]. Вместе с тем практически все авторы едины в мнении о том, что оползни возникли в результате сейсмического воздействия на горные породы. При этом интенсивность землетрясений, по оценкам различных авторов, составляла 7–10 баллов. В качестве сейсмогенерирующего в ряде работ рассматривается активный Утришский (Западно-Утришский) вдольбереговой разлом (сброс). Относительно возраста рассматриваемых образований нет единого мнения. Ряд авторов считает их очень древними (новоэвксинскими), другие – относительно молодыми, возникшими в античное время или в средние века.

Указанные сейсмические события стали основной причиной возникновения разнообразных сейсмогравитационных процессов, которые привели к образованию многочисленных оползней в дисперсных связных грунтах на шельфе и оползней отрыва-скольжения на суше. Среди последних в изученном нами районе наиболее крупными являются: Большой Утришский, Лагунный, Малый Утришский, Абрау-Дюрсо (названия условные) (см. рис. 1).

Однозначно можно утверждать, что склоновые процессы на суше не являлись классической каменной лавиной, поскольку для ее возникновения кроме сейсмического воздействия необходимы большая высота и крутизна рельефа, которая отсутствует на данной территории. Наряду с этим на основе статистических зависимостей между объемами сейсмогравитационных оползней и магнитудами землетрясений [Агатова, Непоп, 2008] можно заключить, что максимальный объем сместившегося оползня (0,03 км^3) [Шейков, 2015] соотносится с сейсмическим событием с $M \approx 7{,}5$, что не противоречит оценке интенсивности землетрясения в данном районе согласно недавно выполненным исследованиям [Овсюченко и др., 2019]. Как известно, наряду с крутизной склонов, вертикальным расчленением рельефа, литологией пород и др., одним из основных факторов оползнеобразования является расстояние от активных разломов.

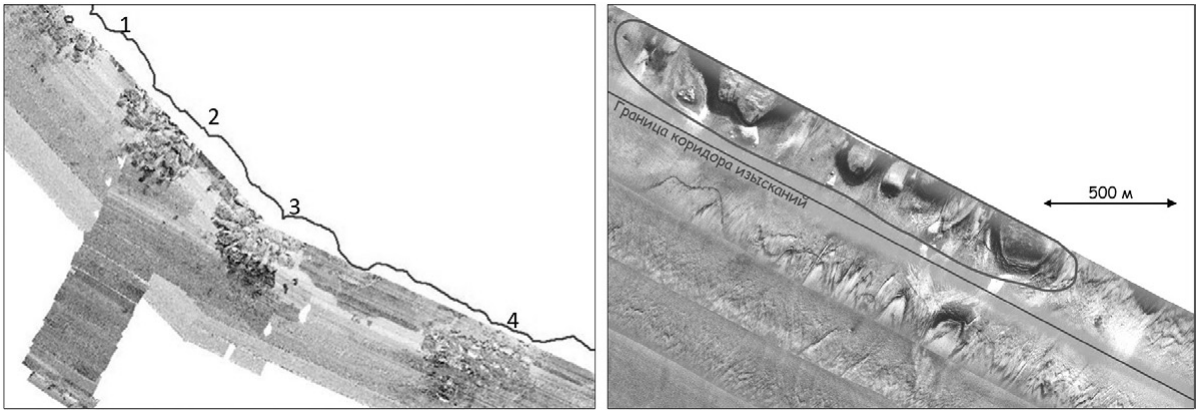


Рис. 1. Слева – сонарное изображение подводных продолжений крупнейших сейсмогравитационных оползней отрыва-скольжения:
1 – Бол. Утришский; 2 – Лагунный; 3 – Мал. Утришский; 4 – Абрау-Дюрсо [Шейков, 2015].
Справа – фронтальная часть оползня Мал. Утриш

По-видимому, на данном участке имела место чрезвычайно сильная сейсмическая дезинтеграция флишевой толщи в непосредственной близости от сейсмогенерирующего разлома. Толща, изначально имевшая значительную трещиноватость литогенетического и тектонического генезиса (а в приповерхностной зоне и вследствие выветривания), в результате сейсмических напряжений, вероятно, раскалывалась и по микро- и скрытой трещиноватости. В последнее время появились работы, анализирующие влияние землетрясений на увеличение трещиноватости скальных грунтов. Так, С.М. Астахов отмечает увеличение дебита нефтяных скважин в 3 раза на расстоянии до 100 км от эпицентра землетрясения с *M* около 7 [Астахов, 2016]. Согласно данным Ф.Ф. Аптикаева, сейсмические ускорения на этом расстоянии примерно в 100 раз меньше ускорений на расстоянии около 1 км от эпицентра [Аптикаев, 2019]. Соответственно, можно сделать вывод о чрезвычайно большом возрастании трещиноватости пород вблизи эпицентра. Важно отметить, что в скальном и полускальном массиве возникающие деформации необратимы. Особенно интенсивно процесс трещинообразования должен был проявиться в результате многочисленных сильных (с I = 7 баллов и более) землетрясений среднего – позднего голоцена.

В результате морских исследований, выполненных ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» в 2005–2006 гг. и ООО «Питер Газ» в 2010–2011 гг., установлено, что оползневые тела прослеживаются до глубин моря 40–55 м, они образуют высокие банки (до 30–40 м) с крутыми склонами (до 45°) (рис. 2).

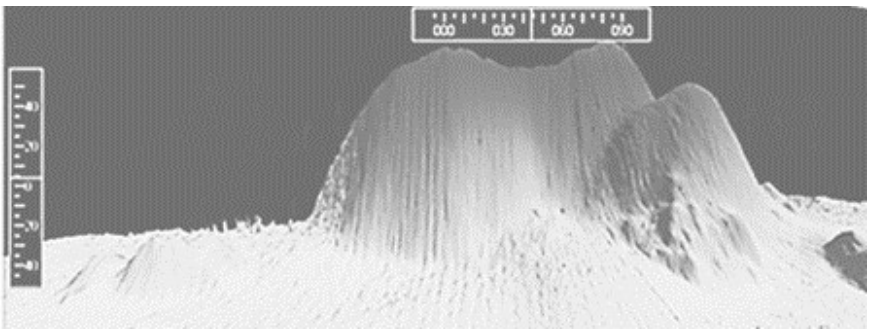


Рис. 2. Блоки и глыбы флиша (банка) на глубине 55 м
(фронтальная часть оползня Мал. Утриш). Высота около 28 м

С помощью гидролокации бокового обзора (ГЛБО) установлено, что оползневые накопления на морском дне представлены двумя разновидностями крупнообломочных пород: крупными блоками и глыбами флиша и «мелкими, сильно окатанными его обломками» [Шейков, 2015]. Ранее «отдельные глыбы коренных пород или комья плотного ила, представляющие собой обвальные формы рельефа» наблюдались в районе исследований из подводного аппарата «Аргус» [Айбулатов и др., 1978]. Определенную роль в их формировании могли сыграть голоценовые древнечерноморские и новочерноморские трансгрессии, в период которых абсолютные отметки моря колебались от –15 до 8 м. В процессе селективной абразии разрушаются в первую очередь аргиллиты, аргиллитоподобные глины (скорость разрушения аргиллитов на морском дне оценивается величиной 1–2 см/год), а затем более прочные породы (песчаники) [Миронюк и др., 2013]. Низы оползших массивов, будучи крайне трещиноватыми, вероятно, подвергались еще более интенсивному разрушению.

Обращает на себя внимание специфический характер подводных форм оползней Бол. и Мал. Утриша и оползня Лагунного (рис. 1). Видно, что подводные части оползней имеют ярко выраженную веерообразную форму, состоящую из отдельных гряд-потоков, выходящих из единого центра. Концевые части этих подводных потоков расширены. На участке Бол. Утриша протяженность подводных частей заметно превышает длину (по направлению движения) сухопутного оползневого массива. Все это дает основания предполагать развитие подводных форм по механизму сейсмогравитационного турбидитного потока. А.Е. Шейдеггер со ссылкой на работы Ф.А. Аллена, подробно изучавшего проблему смешивания в головной части турбидитного потока, указывает, что для обеспечения равномерного движения всего потока в головной его части должны образовываться разнонаправленные «отростки» [Шейдеггер, 1975], что, вероятно, и обусловливает расширение концевых частей этих подводных форм.

Кроме крупнообломочного деляпсия с помощью непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП), которое проводилось ООО «Питер Газ» в двухчастотном режиме (ВЧ – профилограф SES-2000 Medium и НЧ – профилограф Boomer), по периферии сейсмогравитационных оползней и вплоть до бровки шельфа в верхней части осадочного чехла были обнаружены отложения принципиально иного облика. Первоначально на основе характеристик волнового поля сейсмоакустических разрезов в толще покровных отложений было выделено несколько сейсмофаций. Одна из них представляет собой акустически прозрачные осадки. Сейсмофация имеет линзовидную форму залегания. Наблюдается эрозионный характер подошвы акустически прозрачного тела. Максимальная его мощность 11 м (рис. 3).

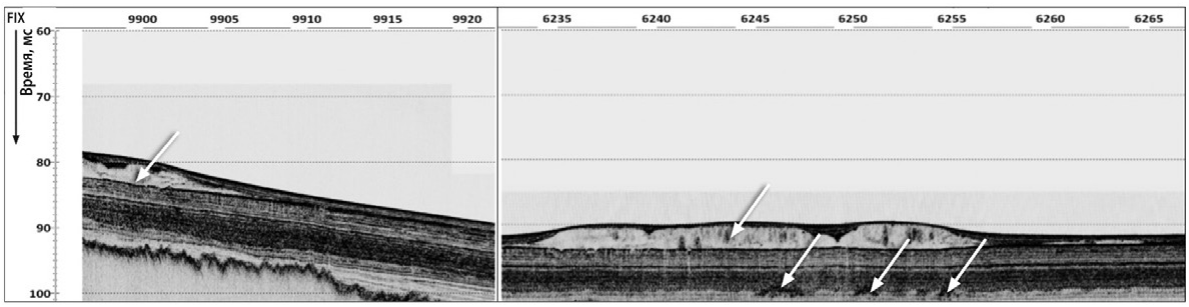


Рис. 3. Акустически прозрачное тело (стрелки вверху) на траверзе м. Бол. Утриш (слева – продольный (фрагмент), справа – поперечный профиль). Стрелки внизу – газонасыщенные отложения

Рассматриваемое образование перекрыто нефелоидными текучими илами мощностью 0,2–1,4 м (в ряде мест они отсутствуют), а подстилается, судя по материалам НСАП, осадками с четко выраженной слоистостью. Мощность последних составляет около 4 м.

Полевое описание и лабораторные анализы показали, что описываемая сейсмофация сложена глинистыми илом, текучим, с включением раковинного детрита, прослоями суглинка, супеси. Содержание органического вещества в илах достигает 11–27 %, влажность W = 80 %, плотность грунта ρ = 1,53, показатель текучести I_L = 2,0, коэффициент пористости *e* = 2,2.

Судя по морфологии рассмотренных тел, строению, составу и свойствам слагающих их отложений, они представляют собой оползневые тела. Вероятнее всего, причиной их образования, как и оползней в скальных породах, были сильные землетрясения. Известно, что при воздействии динамических нагрузок высокой интенсивности (при $6{,}0 < M_w < 8{,}0$) практически все илистые отложения разрушаются и переходят в разжиженное состояние и даже при небольших уклонах поверхности (0,3–2°) способны к латеральному смещению. Учитывая большое содержание органического вещества в изученных илах, можно предположить, что в момент землетрясения имело место тиксотропное разжижение осадков. Возможность разжижения специфических органоминеральных грунтов Черного моря подтверждено экспериментально [Миронюк, Озмидов, 2016]. В наибольшей степени, видимо, разжижались газонасыщенные отложения, влажность которых близка к оптимальной (W = 108 %), при которой наблюдается максимальное проявление тиксотропных свойств осадков.

Течение тиксотропно разжиженных осадков на шельфе не могло продолжаться длительное время. Наблюдения, проведенные при землетрясениях, свидетельствуют о возможности движения разжиженного грунта на береговом склоне в течение 5–10 мин [Лонгинов, 1973]. При этом образуются оползневые тела, длина которых ненамного превышает ширину. Типичный пример такого оползня разжижения для изученного шельфа приведен на рисунке 3. Оползень располагается на глубине 45–60 м. Его размеры сравнительно небольшие, мощность оползневого тела около 3 м, длина около 2,5 км, ширина 2,4 км.

Расчеты показали [Ионов и др., 2012], что в статических условиях поверхностные отложения на шельфе находятся в устойчивом состоянии, но при землетрясении с *I* = 7 баллов и выше на шельфе возможно возникновение оползней скольжения. При этом поверхность предполагаемого смещения с минимальным значением коэффициента устойчивости (0,4) будет находиться на глубине порядка 10–12 м в отложениях, представленных глинистым илом. Особенно неустойчивы глинистые осадки, залегающие вблизи бровки шельфа, где угол наклона дна возрастает до 2° и более. Здесь, в зоне внешнего шельфа, обнаружены оползневые тела шириной от 400 до 1000 м, длиной от 200 до 500 м и мощностью до 6–10 м. Отдельные оползневые тела смещены от стенок отрыва в сторону континентального склона на расстояние до 150 м (рис. 4).

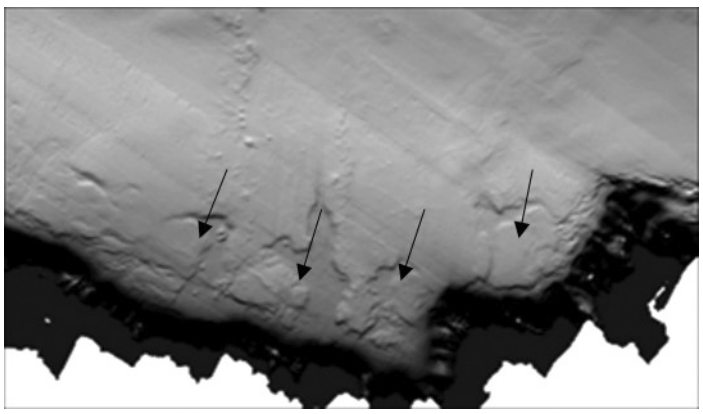


Рис. 4. Оползни скольжения вблизи бровки шельфа на траверзе с. Абрау-Дюрсо (стрелки)

В целом сейсмогравитационные формы суши (оползни отрыва-скольжения), а также шельфа (оползни разжижения и скольжения), видимо, являются результатом серии процессов со значительным участием сильных землетрясений, включая сейсмические события с близрасположенными эпицентрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агатова А.Р., Непоп Р.К.* Новый подход к оценке палеосейсмичности и сейсмогенных изменений рельефа горных районов с использованием параметров сейсмогравитационных дислокаций (на примере юго-восточного Алтая) // Геоморфология. 2008. № 4. С. 55–64.
2. *Айбулатов Н.А., Говберг Л.И., Новикова З.Т., Юркевич М.Г.* Геоморфологические и литологические особенности строения шельфа северо-восточной части Черного моря в связи с исследованием процессов современного осадконакопления // Континентальные и островные шельфы. Рельеф и осадки. М.: Наука, 1981. С. 108–139.
3. *Алексеев М.М., Ходырев Н.А.* Оползневые процессы на морском побережье между Анапой и Новороссийском // Мат-лы Харьковского отдела Географического общества Украины. Вып. XII. Гидрогеология и инженерная геология. М.: Недра, 1973. С. 86–88.
4. *Аптикаев Ф.Ф.* Достижения инженерной сейсмологии и строительные нормы. Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях // Мат-лы докл. Общерос. науч.-практ. конф. М., 2019. С. 75–83.
5. *Астахов С.М.* Влияние сейсмотектонической напряженности недр на процессы вторичной миграции углеводородов // Поиски и разведка. 2016. № 2. С. 14–21.
6. *Болдырев В.Л.* Обвально-оползневой тип берега // Труды Института океанологии. Т. XXI. М.: Наука, 1957. С. 118–132.
7. *Ионов В.Ю., Калинин Э.В., Фоменко И.К., Миронюк С.Г.* Условия формирования подводных оползней в отложениях бровки континентального склона Чёрного моря в районе п. Архипо-Осиповка // Инженерная геология. 2012. № 5. С. 36–46.
8. *Крицкая О.Ю., Попков В.И., Остапенко А.А.* Палеосейсмические факторы формирования современного рельефа Черноморского побережья Кавказа на участке Анапа – Новороссийск // Геоморфология. 2017. № 4. С. 27–34.
9. *Лонгинов В.В.* Очерки литодинамики океана. М.: Наука, 1973. 244 с.
10. *Миронюк С.Г., Касимова О.М.* Применение данных дистанционного зондирования для оценочного районирования участков береговых примыканий трубопроводов по условиям строительства // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов (Опасные явления). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 183–185.
11. *Миронюк С.Г., Озмидов О.Р.* Из опыта оценки сейсмической разжижаемости грунтов оснований якорей полупогружных буровых установок с помощью динамических трехосных испытаний // Инженерные изыскания. 2016. № 2. С. 18–23.
12. *Миронюк С.Г., Маркарьян В.В., Шельтинг С.К.* Опыт комплексной оценки и крупномасштабного инженерно-геологического районирования северо-восточного шельфа Черного моря по геологической опасности для строительства линейных объектов // Инженерные изыскания. 2013. № 13. С. 48–59.

13. *Миронюк С.Г., Кропоткин М.П., Ионов В.Ю.* Оценка устойчивости обвально-оползневого склона Черноморского побережья с учетом возможных сейсмических воздействий // Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях: мат-лы докл. Общерос. науч.-практ. конф. М.: Геомаркетинг, 2019. С. 99–113.
14. *Несмеянов С.А.* Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра, 1992. 254 с.
15. *Никонов А.А.* Реальные опасности геодинамического ряда в районе строительства Керченского мостового перехода // Сергеевские чтения. Юбил. конф., посвящ. 25-летию образования ИГЭ РАН. М., 2016. С. 327–328.
16. *Овсюченко А.Н., Новичихин А.М., Былова О.Н. и др.* Междисциплинарное датирование Утришских сейсмодислокаций: к локализации очага сильного исторического землетрясения на западном Кавказе // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46. № 3. С. 50–73. URL: https://doi.org/10.21455/VIS2019.3-4
17. *Островский А.Б.* Палеосейсмотектонические дислокации на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа в связи с оценкой современной сейсмической опасности этой территории // Комплексные исследования Черноморской впадины. М.: Наука, 1970. С. 46–58.
18. *Рогожин Е.А., Овсюченко А.Н., Лутиков А.И. и др.* Эндогенные опасности Большого Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
19. *Хромовских В.С., Солоненко В.П., Семенов Р.М., Жилкин В.М.* Палеосейсмология Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. 188 с.
20. *Шейдеггер А.Е.* Физические аспекты природных катастроф / пер. с англ. М.: Недра, 1981. 232 с.
21. *Шейков А.А.* Сейсмогравитационные Утришские оползни в акватории Черного моря. Эколого-геологические исследования и морская геология // Мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов памяти акад. А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 16–20 февраля 2015 г.) / ФГУП «ВСЕГЕИ». СПб., 2015. С. 648–652.
22. *Шуляков Д.Ю.* Классификация оползней на территории Северного Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 2 (41). С. 293–300.

РЕЗКИЕ ПЕРЕПАДЫ СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРОГНОЗА

С.В. Морозова, М.А. Алимпиева, Е.В. Завьялова

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов
swetwl@yandex.ru

По данным Оценочных докладов IPCC [Stocker et al., 2013] и Оценочного доклада Росгидромета [Второй оценочный доклад ... 2014], во всем мире, в том числе и в России, растет число аномальных явлений погоды. К таким явлениям, согласно рекомендациям Всемирной Метеорологической Организации, относятся те, которые по своей интенсивности, продолжительности и времени возникновения представляют угрозу безопасности людей и могут принести существенный ущерб отраслям экономики. В связи с этим актуален долгосрочный прогноз таких явлений.

Заметим, что многие опасные (аномальные) явления погоды: сильные ливни и снегопады, шквалистые усиления ветра, особо интенсивные заморозки – происходят при резких перепадах средней суточной температуры воздуха. Настоящая статья посвящена анализу регионального долгосрочного прогнозирования резких перепадов средней суточной температуры воздуха для территории Саратовской области.

Региональная физико-статистическая модель и автоматизированная технология ее применения строилась на теоретических разработках с использованием физико-статистического подхода согласно методу «плавающий аналог», предложенному доктором физ.-мат. наук, проф. В.Ф. Мартазиновой [Martazinova, 1994]. Резкие перепады средней суточной температуры воздуха представлялись волнами тепла и холода, расчеты привязывались к «пику», или экстремуму волны. Перепад считался резким, если за время осуществления волны (без учета ее продолжительности) перепад средней суточной температуры происходил на 7 °С и более. Расчеты продолжительности осуществления волны показали, что теплые волны длятся 4–5 дней, холодные – 3–4 дня. При этом летом продолжительность теплых волн больше, чем холодных, зимой – наоборот [Морозова, 2017].

Приведем кратко алгоритм работы модели [Морозова и др., 2004; Морозова, 2017].

1. На первом этапе из архива гидрометеорологических полей (OAN-25, размещенных на *ftp*-сервере Гидрометцентра РФ в коде GRIB) формируются поля рабочих выборок экстремумов волн тепла и экстремумов волн холода. Поскольку прогноз резких перепадов средней суточной температуры воздуха составляется отдельно для каждого месяца, то архивные выборки формируются соответственно.

2. На втором этапе работы модели происходит выделение наиболее типичных синоптических ситуаций, при которых происходят резкие перепады средней суточной температуры в случае волн тепла и в случае волн холода. Отметим, что при выделении наиболее типичного поля отказались от расчета средних («смазанных») полей, выделялось так называемое «эталонное» поле, одно из фактических полей выборки, которому впоследствии подбирается аналог. Эталонное поле подбирается по формуле евклидова расстояния, позволяющей

оценить степень схожести барических полей, при которых осуществлялись резкие перепады средней суточной температуры воздуха. То поле, которое ближе по расстоянию ко всем остальным полям совокупности, наилучшим образом описывает все поля, входящие в конкретную выборку.

Формула для расчета эталонного поля –

$$C(i,p)=\frac{1}{q}\sqrt{\sum_{j=1}^{q}(x(i,j)-x(p,j))^2},$$

где C (i, p) – параметр близости (удаленности) между i-м и p-м полями; x (i, j), x (p, j) – значения давления воздуха на уровне моря в j-й точке i-го и p-го полей; k – количество выбранных полей; q – количество узлов регулярной сетки.

По формуле

$$S(i)=\frac{1}{k}\sum_{p=1}^{k}C(j,p)$$

оценивается подобие i-го поля со всеми другими полями исходной (рабочей) выборки. По самому малому значению параметра S (i) можно заключить, какое из i-х полей наиболее близко по расстоянию ко всем p-полям. Это поле и выбирается в качестве эталонного.

3. На третьем этапе работы модели выбранным эталонным полям подбирается аналог по принципу «плавающего аналога», предполагающего смещение аналоговых полей относительно эталонных. Наилучшее сходство в распределении знака барического поля возможных аналоговых и эталонных полей рассматривается при смещении полей на ±15° по меридиану (Δφ) и на ±60° вдоль круга широты (Δλ). Укажем, что при таком смещении довольно полно охватывается пространство первого естественного синоптического района, а также основные погодоопределяющие циркуляционные структуры – Исландский циклон, Азорский максимум давления и западная периферия Сибирского антициклона. Оптимальным временным интервалом для отыскания аналога выбран двухмесячный интервал. Отметим, что квазидвухмесячная периодичность атмосферных процессов хорошо известна и подтверждена во многих научных публикациях, например в работе [Вильфанд, 1986].

4. На четвертом этапе работы модели происходит само составление прогноза: оценивается степень близости аналоговых полей и ежедневных барических полей месяца, отстоящих на один месяц назад от прогнозируемого. По наименьшим значениям параметра близости/удаленности определяются даты резких перепадов средней суточной температуры воздуха из условия двухмесячной квазипериочности атмосферных процессов.

Ростовская область территориально расположена недалеко от Саратовской и имеет хорошо развитый аграрный сектор. Поскольку сельское хозяйство является наиболее погодозависимой отраслью, то для аграриев очень важен вопрос о будущем режиме погоды. По описанной модели проведена серия прогностических расчетов для территории Ростовской области для месяцев теплого периода (реперный пункт – г. Ростов-на-Дону). В качестве зависимого материала использованы данные 2014–2017 гг. Независимые прогнозы строились на материалах 2018 и 2019 гг.

Для каждого месяца теплого периода сформированы рабочие выборки для расчета эталонных полей в соответствии с п. 2 расчетной схемы составления прогноза. Проведенный синоптический анализ полученных эталонных полей подтвердил корректность их выделе-

ния используемыми статистическими критериями. Так, резкие потепления на территории Ростовской области в месяцы теплого периода определяются двумя типами процессов – мощным выносом теплых воздушных масс в передних частях обширных полярно-фронтовых депрессий и воздействием восточного отрога субтропического максимума давления.

В качестве примера можно привести эталонное поле давления интенсивной волны тепла (рис. 1). Потепление было вызвано поступлением тропического воздуха в теплом секторе полярно-фронтового циклона. Средняя суточная температура в Ростове в это время (28–29 июля 2017 г.) поднялась до 29 °С (рис. 2).

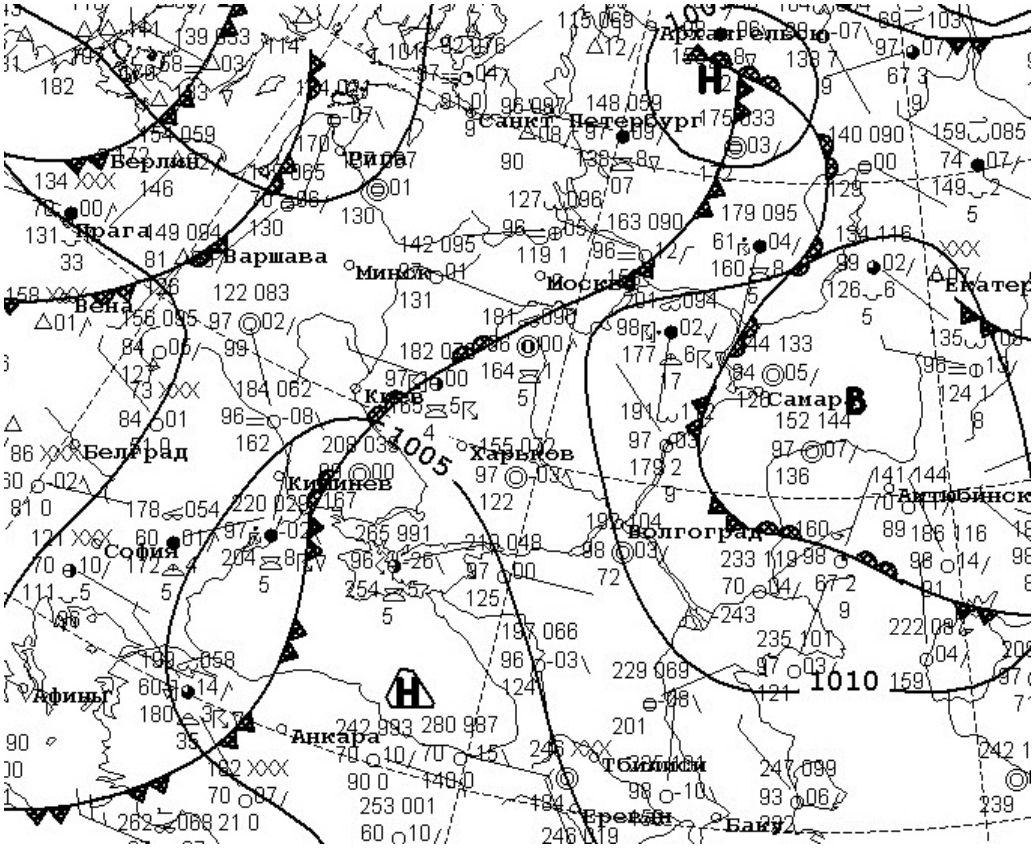


Рис. 1. Фрагмент приземной карты погоды 27 июля 2017 г.

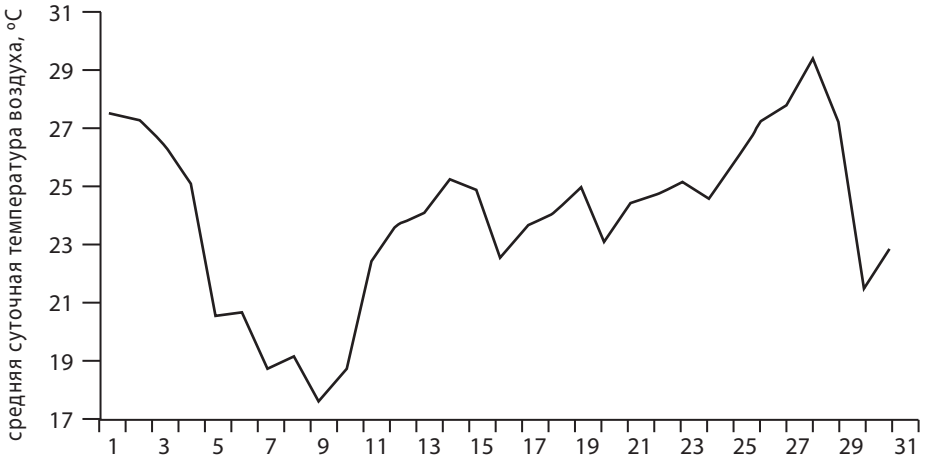


Рис. 2. Ход средней суточной температуры воздуха в Ростове-на-Дону в июле 2017 г.

Сравнение полученных эталонных полей для Ростова-на-Дону и Саратова показало, что в Саратове интенсивные волны тепла определяются субтропическими антициклонами только в августе, в то время как в Ростове-на-Дону в результате воздействия Азорского максимума теплые волны возникают в июле и сентябре. В Саратове таких случаев не отмечено.

Выявление эталонных полей, определяющих интенсивные похолодания в Ростове-на-Дону, показало, что интенсивные похолодания определяются в большинстве случаев прорывом холодных масс арктического воздуха в тылу циклонов. В таблице 1 представлен пример одного из пробных прогнозов.

Таблица 1

Прогноз резких перепадов
средней суточной температуры воздуха на июль 2018 г.

Волны тепла			Волны холода		
Прогноз	**Факт**	**Оправдываемость**	**Прогноз**	**Факт**	**Оправдываемость**
–	5–6	–	7–9	7–11	+
13–15	15–16	+	–	17–19	–
28–29	28–29	+	23–24	24–25	+

На графике (рис. 3) можно увидеть, что оправдались две волны тепла из трех. Одна теплая волна, экстремум которой наблюдался 5–6 июля, не была спрогнозирована. Также из трех холодных волн не была спрогнозирована одна, имевшая место в середине месяца. Укажем, что перепад температур при этой волне был меньше пяти градусов Цельсия, что по существующим оценкам не считается резким перепадом.

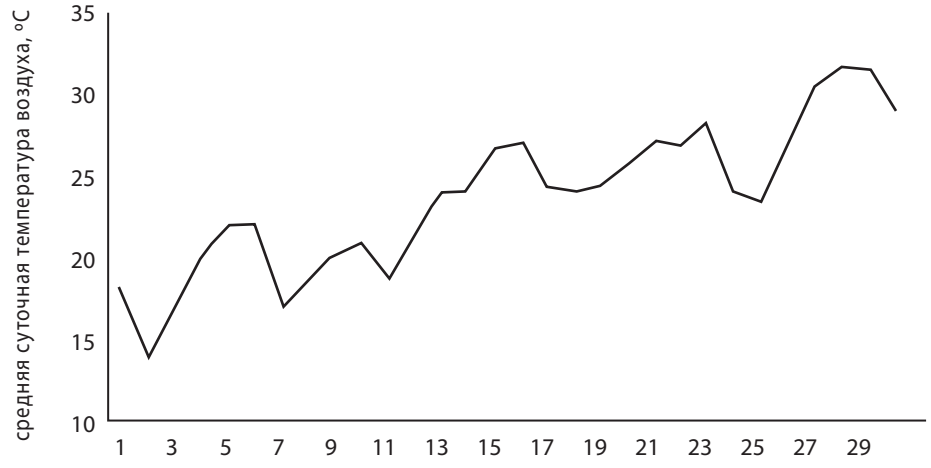


Рис. 3. Ход средней суточной температуры воздуха в Ростове-на-Дону в июле 2018 г.

Таким образом, из анализа результатов оправдываемости прогнозов можно заключить, что в среднем из трех волн оправдываются две, причем это справедливо и для волн тепла, и для волн холода. Учитывая это обстоятельство и месячную заблаговременность прогноза, можно заключить, что разработанную методику прогноза резких перепадов средней суточной температуры воздуха можно вполне успешно применять и для сопредельных регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вильфанд Р.М.* Классификация полей давления воздуха на территории I естественного синоптического района // Труды Гидрометцентра. 1986. Вып. 274. С. 3–11.
2. Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: ГНЦ РФ ААНИИ Росгидромета, 2014. 60 с.
3. *Морозова С.В.* Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В.Ф. Мартазиновой «плавающий аналог» // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. Вып. 363. Гидрометеорологические прогнозы. М.: Триада ЛТД, 2017. С. 138–159.
4. *Морозова С.В., Полянская Е.А., Пужлякова Г.А., Фетисова Л.М.* Региональная модель долгосрочного прогноза резких изменений температуры воздуха с месячной заблаговременностью // Изв. Сарат. ун-та. 2004. Т. 4. Вып. 1–2. С. 195–198.
5. *Stocker T.F. et al.* Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
6. *Martazinova V.F.* Changes of atmospheric circulation in central-east Europe at recent decade and long-range forecasting // Proc. Worcshop on regionalclimate change in central-east Europe, Budapest. 1994. P. 1–6.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ В АЗОВСКОМ МОРЕ ПРИ РАЗНЫХ ФАЗАХ ДВИЖЕНИЯ ЦИКЛОНА

А.А. Полозок, В.В. Фомин, Е.Е. Лемешко

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
polozok.umi@gmail.com, egor.lem.88@gmail.com

Изучение особенностей влияния атмосферных циклонов на штормовые нагоны в Азовском море является актуальной задачей. При определенных скоростях и направлениях движения атмосферные циклоны становятся эффективными генераторами значительных повышений уровня моря.

В данной работе проведена оценка интенсивности штормовых нагонов в Азовском море в зависимости от траектории движения циклонов. Для исследования подъемов уровня в Азовском море при различных типах ветрового воздействия использована реализованная на неструктурированных сетках совместная численная модель *ADCIRC + SWAN*.

При проведении расчетов *ADCIRC* и *SWAN* применяется общая неструктурированная сетка, используется один и тот же набор *CPU*, реализовано последовательное выполнение программных кодов.

Неструктурированная расчетная сетка включает 178565 узлов и 348735 треугольных элементов, охватывая Азовское море и Керченский пролив (рис. 1). Длины сторон треугольных ячеек не постоянны и изменяются от 50 до 800 м. Для южной границы Керченского пролива предусмотрено условие свободного прохождения.

Рис. 1. Применяемая для моделирования штормовых нагонов в Азовском море неструктурированная расчетная сетка

Особенностью модели *ADCIRC* является использование алгоритма затопления-осушения, для реализации которого настраиваются 2 параметра: H_{min} – глубина моря, для которой расчетная ячейка закрывается и перестает применяться для вычислений; U_{min} – минимальное значение скорости течений, при достижении которого ячейка становится открытой для заполнения. В соответствии с рекомендациями [Dietrich et al., 2004] указанные параметры равны 0,1 м и 0,01 м/с соответственно.

Описание используемой для моделирования колебаний уровня моря аналитической модели циклона представлено в работе [Белокопытов и др., 2017]. Максимальные скорости ветра возникают между границей циклона и его центром.

Основой выбора параметров циклона являлись представленные в работе [Гришин и др., 1991] оценки, согласно которым возникающие над Азово-Черноморским бассейном циклонические образования имеют характерный диаметр порядка 500–700 км, перепад давления составляет от 10 до 20 гПа, а скорость перемещения циклонов изменяется от 5 до 10 м/с.

Основная цель моделирования – рассмотрение особенностей пространственного распределения характеристик штормовых нагонов в Азовском море для различных траекторий перемещения модельного циклона. Основные сведения о траекториях перемещения центра циклона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Траектории движения центра циклона (Т1, Т2) при радиусе циклона 300 км, скорости перемещения циклона 40 км/ч, перепаде давления между периферией и центром циклона 20 гПа

Тип траектории	Начальная широта центра циклона, ° с. ш.	Начальная долгота центра циклона, ° в. д.	Угол наклона траектории, °
Т1	46,25	29,25	0
Т2	48,25	29,25	0

В таблице 1 угол наклона траектории отсчитывался относительно оси x, которая направлена против часовой стрелки на восток. Выбор начальной долготы центра циклона основан на допущении, что в начальный момент времени при любом значении начальной координаты по широте центра циклона зона пониженного давления располагалась за пределами Азовского моря.

Выбранные траектории соответствуют варианту перемещения циклона с запада на восток в широтном направлении. Авторами работы рассчитаны поля уровня моря (рис. 2–7) на неструктурированной сетке при радиусе циклона 300 км, скорости перемещения циклона 40 км/ч и перепаде давления между периферией и центром циклона 20 гПа. Общее время интегрирования – 72 часа.

На рисунках 2–7 представлены поля уровня Азовского моря для траекторий циклона Т1 и Т2. В результате анализа этих полей установлено, что прохождение циклона сопровождается интенсивными сгонными и нагонными изменениями уровня моря. Области подъемов уровня моря возникают у наветренных берегов, а понижения уровня фиксируются у подветренных берегов. Чаще всего расположение областей повышения уровня совпадает с расположением областей интенсивного волнения.

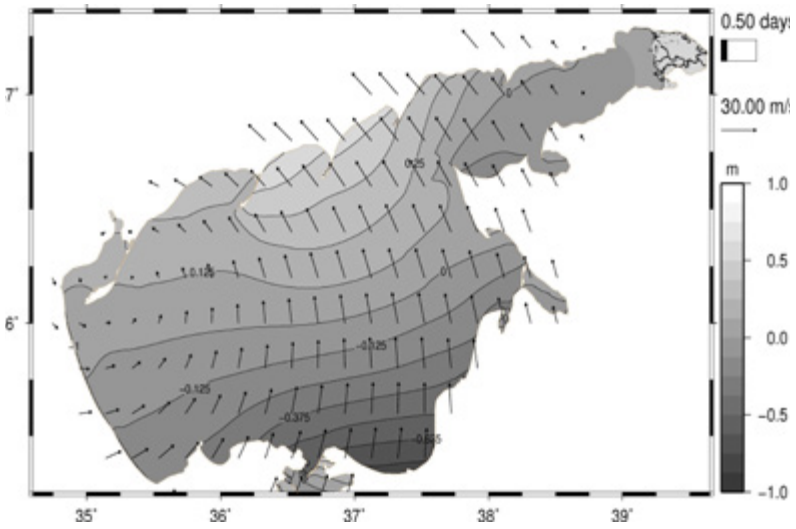


Рис. 2. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T1 при t = 12 ч

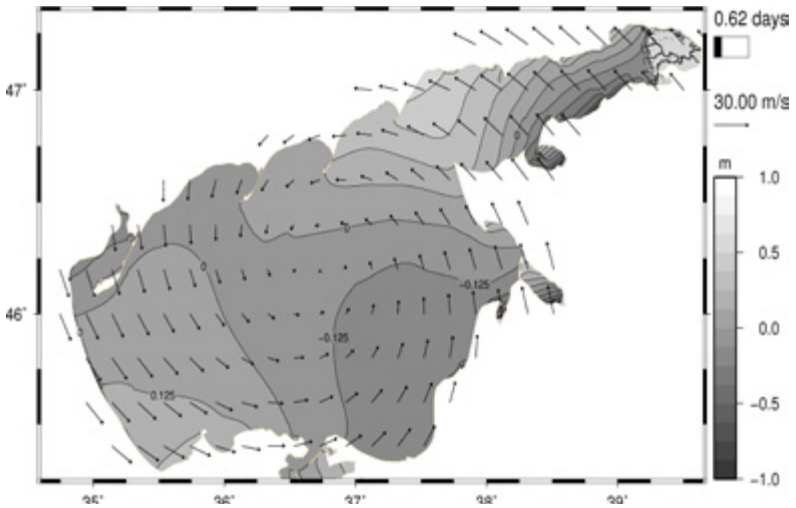


Рис. 3. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T1 при t = 15 ч

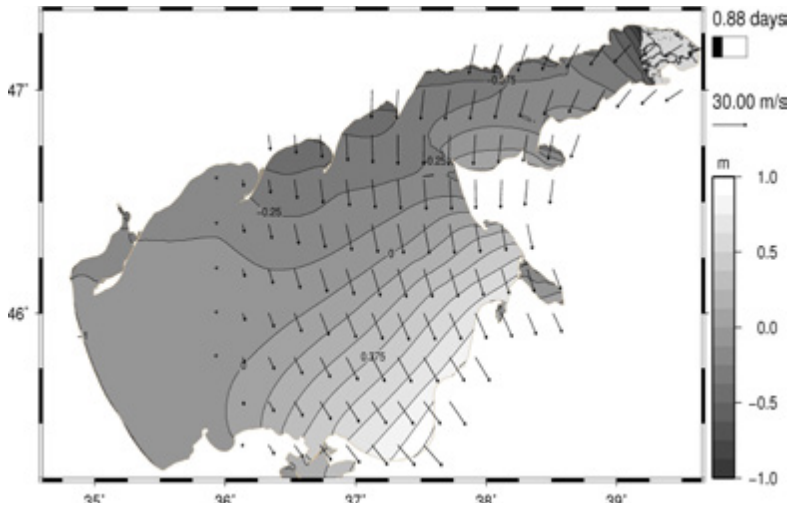


Рис. 4. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T1 при t = 21 ч

Рис. 5. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T2 при t = 12 ч

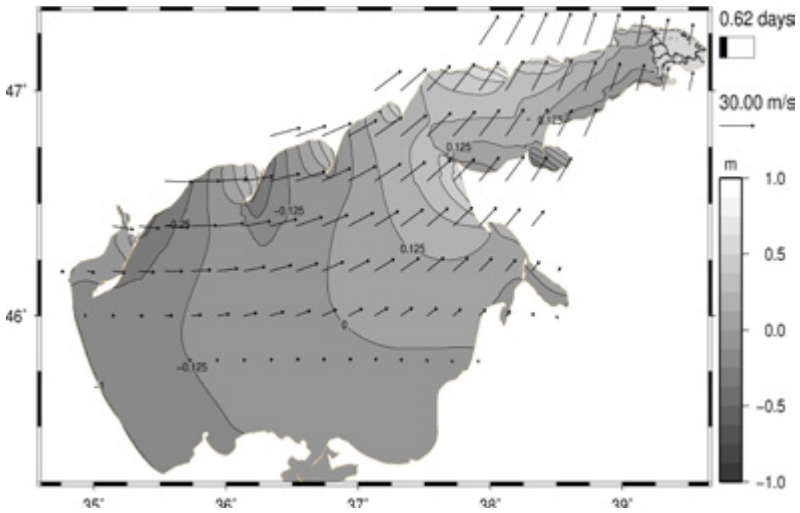


Рис. 6. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T2 при t = 15 ч

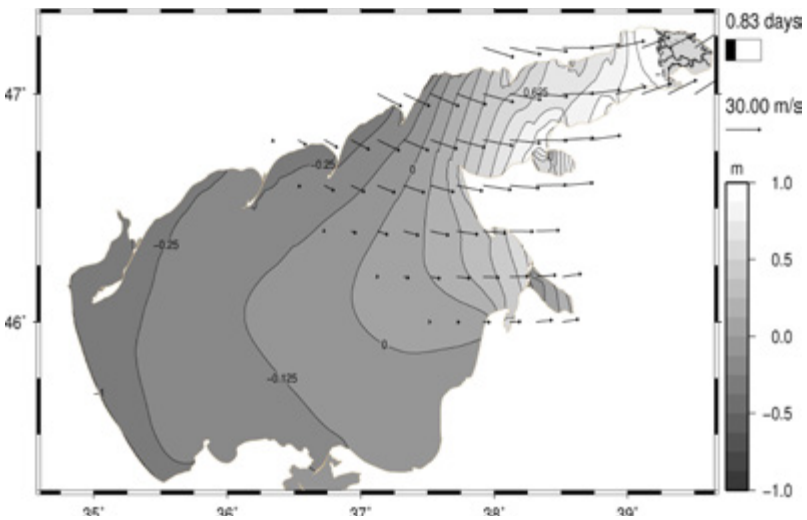


Рис. 7. Уровень моря (м) и скорость ветра для траектории T2 при t = 20 ч

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00274.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белокопытов В.Н., Фомин В.В., Ингеров А.В.* О комплексных исследованиях опасных природных явлений в Азово-Черноморском бассейне // Морской гидрофизический журнал. 2017. № 3. С. 32–48.
2. *Гришин Г.А., Баянкина Т.М., Калинин Е.И., Лундберг М.М.* Об эволюции южных циклонов, выходящих на Черное море и территорию Украины, по данным спутниковых и наземных измерений // Исследования Земли из космоса. 1991. № 3. С. 89–95.
3. *Dietrich J.C., Kolar R.L., Luettich R.A.* Assessment of ADCIRC's Wetting and Drying Algorithm // Proceedings of the XV International Conference on Computational Methods in Water Resources. 2004. Vol. 2. P. 176–177.

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (INSECTA: LEPIDOPTERA) НА ЮГЕ РОССИИ

***Р.В. Романчук*[1, 2]**

[1]*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*
[2]*Ростовский филиал Всероссийского центра карантина растений, г. Ростов-на-Дону*
roma.romanchuk.95@bk.ru

В течение последних 100 лет, с момента первых публикаций по фауне бабочек Ростовской области (РО), лепидоптерофауна региона претерпела определенные изменения. При этом, несмотря на значительное увеличение антропогенной нагрузки в конце XX в., видовое разнообразие чешуекрылых осталось вполне стабильным. Систематическое изучение лепидоптерофауны РО проводится с 70-х гг. XX в. и практически ежегодно в сборах на свет (реже при дневных учетах) обнаруживаются новые для региона виды бабочек [Полтавский, Романчук, 2016; Романчук, Симонович, 2019; Романчук и др., 2019]. На фоне более или менее плавной динамики региональной фауны Lepidoptera мы наблюдаем инвазии одних видов и флуктуации численности других. При этом одни виды-вселенцы образуют малочисленные локальные популяции на отдельных территориях и не имеют ощутимого хозяйственного значения. Другие, напротив, увеличивая свою численность, способны наносить серьезный экономический ущерб. В настоящей работе приводится краткий аннотированный обзор основных видов чешуекрылых-инвайдеров, имеющих большое хозяйственное значение как для юга России, так и для Ростовской области в частности.

Cameraria ohridella (Deschka & Dimic, 1986) – каштановая минирующая моль. Таксономическое положение: надсем. Gracillarioidea, сем. Gracillariidae, подсем. Lithocolletinae, род *Cameraria*. Точных данных о конкретном регионе происхождения вида нет, однако впервые вредитель был отмечен на конском каштане обыкновенном в Македонии в 1980-х гг. Вероятным первоначальным ареалом моли могут быть Северная Америка или Восточная Азия, но на сегодняшний день вредитель пока нигде, кроме Европы, отмечен не был [Grabenweger, Grill, 2000]. *C. ohridella* – опасный вредитель каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.). Некоторые специалисты отмечают, что вид способен повреждать и другие виды деревьев: конский каштан красный (*A. pavia* L.), гибридный конский каштан мясо-красный (*Aesculus* × *carnea* Zeyh., 1818) и два вида клена [Skuhravy, 1998; Гниненко, 2004]. В последние годы в РО каштаны часто подвергаются нападению минирующей моли, что приводит к преждевременному усыханию и опаданию листьев, а также бактериальному поражению фитопатогенной бактерией *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*. Поскольку борьба с молью затрудняется ограничением на использование инсектицидов в городских условиях, одним из способов ее выявления и возможной борьбы является применение феромонных ловушек [Камаев, Тодоров, 2014].

Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) – картофельная моль. Таксономическое положение: надсем. Gelechioidea, сем. Gelechiidae, подсем. Gelechiinae, триба Gnorimoschemini, род

Phthorimaea. Родина вида – Центральная и Южная Америка. Повреждает клубни и вегетативные части картофеля, табак, баклажаны, плоды и вегетативные части томатов, паслён, перец, физалис и др. Основной способ инвазии связан с перевозом продовольственного картофеля. В США в полевых условиях повреждения картофеля молью достигают 25 %, плодов томатов – 57 %, в Японии и Индии – 60–80 % урожая табака в поле и картофеля в хранилищах. В южных районах Украины на летней посадке картофеля поврежденность клубней составляет 60 %, а общая заселенность растений вредителем достигает 75 % [Савотиков, Сметник, 1995]. Отмечается, что картофельная моль может акклиматизироваться на юге европейской части России. По данным Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИКР», выявлена в Азовском, Багаевском и Весёловском районах РО, а также на территории г. Батайска и г. Ростова-на-Дону.

Tuta absoluta (Meyrick, 1917) – южноамериканская томатная моль. Таксономическое положение: надсем. Gelechioidea, сем. Gelechiidae, подсем. Gelechiinae, триба Gnorimoschemini, род *Tuta*. Является опасным вредителем томатов и других пасленовых. Личинки повреждают все наземные части растений, включая плоды, в результате чего потеря урожая может достигать 80 %. Вид способен к распространению на всех стадиях развития. Преимагинальные стадии могут распространяться вместе с кормовыми растениями и тарой. Имаго способны к непродолжительному полету. Для борьбы с *T. absoluta* активно применяют световые, феромонные и клеевые ловушки. В Российской Федерации томатная моль впервые была отмечена в 2010 г. в Краснодарском крае, а к 2012 г. – в Адыгее, Дагестане и Башкирии [Жимерикин, Миронова, 2012]. По данным Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИКР», выявлена в Неклиновском районе РО.

Grapholita molesta (Busck, 1916) – восточная плодожорка. Таксономическое положение: надсем. Tortricoidea, сем. Tortricidae, подсем. Olethreutinae, триба Grapholitini, род *Grapholita*, подрод *Aspila*. Родина вида – восточная Азия. В РФ имеет ограниченное распространение в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах [Савотиков, Сметник, 1995; Данкверт и др., 2009]. Гусеницы *G. molesta* повреждают плоды и побеги персика, сливы, абрикоса, нектарина, груши, яблони, айвы, черешни, вишни, лавровишни, миндаля, боярышника [Савотиков, Сметник, 1995]. Основными путями инвазии являются ввоз зараженных плодов, зараженная тара и посадочный материал [Данкверт и др., 2009]. В очагах и зоне распространения вредителя применяется комплекс химических, агротехнических и нетрадиционных (использование специализированных феромонных и цветных ловушек) мер борьбы. По данным Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИКР», вредитель выявлен в Аксайском районе РО.

Chilo suppressalis (Walker, 1863) – огнёвка жёлтая рисовая. Таксономическое положение: надсем. Pyraloidea, сем. Crambidae, подсем. Crambinae, триба Chiloini, род *Chilo*. Ареал естественного обитания вида включает Японию, Корею, Китай, Малайзию, Индию и Приморский край России. Является опаснейшим вредителем риса и других крупностебельных злаков. Гусеницы способны повреждать вегетативные части пшеницы, кукурузы, проса и др. [по: Костылев, Артохин, 2010]. На юге России появилась в конце 1980-х гг. Первые находки были сделаны на территории Астраханской области и Республики Дагестан, куда *Ch. suppressalis* проникла из Азербайджана и Ирана. Эффективную защиту от вредителя обеспечивают как инсектициды (золон, актеллик, сумитион), так и применение биологических методов (использование хищников) [Костылев, Артохин, 2010].

Chilo niponella (Thunberg 1788) – огнёвка японская. Таксономическое положение: надсем. Pyraloidea, сем. Crambidae, подсем. Crambinae, триба Chiloini, род *Chilo*. Экспансивный вос-

точно-палеарктический вид, расширяющий свой ареал в западном направлении. Потенциальный вредитель кукурузы, представляющий опасность для кукурузных насаждений юга России. В Ростовскую область проник из Поволжья и Южного Приуралья. В разные годы отмечался на территории северных, центральных и южных районов области [Полтавский, Ивлиев, 2016; Полтавский, Романчук, 2016].

Cydalima perspectalis (Walker, 1859) – самшитовая огнёвка. Таксономическое положение: надсем. Pyraloidea, сем. Crambidae, подсем. Spilomelinae, род *Cydalima*. Крайне опасный вредитель самшита. Первоначальный ареал вида включал Дальний Восток России, Японию, Китай, Тайвань, Корею и Индию. В 2006 г. *C. perspectalis* впервые была обнаружена в Германии и начала быстро расселяться по Европе, заселяя Швейцарию, Нидерланды, Францию, Австрию, Лихтенштейн, Великобританию, Бельгию, Венгрию, Чехию, Румынию, Италию, Словению, Турцию, Хорватию, Словакию, Данию, Испанию, Болгарию, Грецию, Черногорию, Сербию, Боснию и Герцеговину [по: Будашкин, 2016]. Инвазия в России началась в 2012 г. на территории Краснодарского края. В районе Большого Сочи, в питомнике временного содержания посадочного материала (на саженцах самшита вечнозелёного (*Buxus sempervirens* L.) из Италии), предназначенного для озеленения Олимпийской деревни в Имеретинской низменности, были обнаружены первые гусеницы вредителя. Огнёвка быстро распространилась по Черноморскому побережью Краснодарского края и проникла в Абхазию [Щуров, Бондаренко, 2013; Щуров, 2014]. Результатом инвазии стало почти полное уничтожение реликтового самшита колхидского (*Buxus colchica* Pojark.) на Кавказе. В 2015 г. вид был обнаружен на посадках самшита в Крыму и на северном макросклоне Большого Кавказского хребта, а в 2016 г. достиг г. Махачкалы. В Ростовскую область самшитовая огнёвка была ввезена в 2017 г. Гусеницы вредителя отмечались на мониторинговых маршрутах, охватывавших Западный жилой массив Советского муниципального района, районы Военвед и Каменка Октябрьского муниципального района и Северный жилой массив Ворошиловского муниципального района г. Ростова-на-Дону [Оспищев, Дудкин, 2020]. Согласно результатам новейших исследований, Октябрьский район является одной из самых пораженных городских территорий, что обусловлено преобладанием посадок самшита вечнозелёного [Оспищев, Дудкин, 2020]. На сегодняшний день химические методы борьбы с *C. perspectalis* не демонстрируют заметного эффекта. Единственным эффективным методом борьбы с вредителем является замена и уничтожение пораженных растений в посадках новыми, не заселенными вредителем [Будашкин, 2016].

Palpita vitrealis (Rossi, 1794) – стеклянный мотылёк. Таксономическое положение: надсем. Pyraloidea, сем. Crambidae, подсем. Spilomelinae, род *Palpita*. Южно-европейский вид, серьезный вредитель маслиновых (Oleaceae). Также способен повреждать растения из семейства вересковые (Ericaceae), такие как земляничное дерево (*Arbutus unedo* L., 1753). В Ростовскую область завезен с посадочным материалом для озеленения городских территорий. На сегодняшний день наблюдается расселение *P. vitrealis* по разным районам РО. Летом 2019 г. единичный экземпляр вредителя был собран на свет в окрестностях хутора Донецкий лесхоз Миллеровского района.

Xestia trifida (Fischer v. Waldheim, 1820) – совка-трифида. Таксономическое положение: надсем. Noctuoidea, сем. Noctuidae, подсем. Noctuinae, триба Noctuini, подтриба Noctuina, род *Xestia*, подрод *Xestia*. Средиземноморский вид, характерный для сухих степей и полупустынь. Гусеницы питаются листьями растений рода *Poa*. Период лёта имаго – с сентябрь по октябрь [Полтавский, 2016]. Характерен для сухих степей и полупустынь. В РО впер-

вые отмечен в 2004 г. в окрестностях села Краснопартизанское Ремонтненского района. В 2006 г. вредитель был собран уже в пяти пунктах [Полтавский, 2007]. На сегодняшний день является обычным для региона видом. В литературе приводятся данные о том, что ранее совка-трифида была известна из полупустынь Прикаспия [Артохин, 2009]. По мнению специалистов, миграция *X. trifida* имеет большую протяженность – из сухих степей Ставрополья и Дагестана вдоль Кумо-Манычской впадины [Полтавский, 2007].

Hyphantria cunea (Drury, 1773) – американская белая бабочка. Таксономическое положение: надсем. Noctuoidea, семейство Erebidae, подсем. Arctiinae, триба Arctiini, подтриба Arctiina, род *Hyphantria*. Родина вида – Северная Америка. Экологически пластичный полифаг, опасный вредитель садовых культур. Повреждает до 230 видов древесно-кустарниковых и травянистых растений, в числе которых яблоня, слива, черешня, орех грецкий, груша, айва, абрикос, персик, черемуха, шиповник и др. За сезон развивается в 2 поколениях. В Ростовской области обычный вид, периодически дающий вспышки массового размножения [Полтавский, 2016]. В России также встречается в Адыгее, Дагестане, Кабардино-Балкарии, Калмыкии, Карачаево-Черкесии, Ингушетии, Северной Осетии, Краснодарском и Ставропольском краях, Астраханской и Волгоградской областях [Савотиков, Сметник, 1995]. В 2019 г. сотрудниками Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИКР» выявлена на территории Матвеево-Курганского района РО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артохин К.С.* Совка-трифида (*Xestia trifida* Fisher v. Waldheim, 1820) – новый вредитель зерновых культур на юге России // Главный агроном. 2009. № 4. Р. 62–65.
2. *Будашкин Ю.И.* Самшитовая огнёвка *Cydalima Perspectalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) – новый для фауны Украины и Крыма вид опасного вредителя лесного и паркового хозяйства // Экосистемы. 2016. Вып. 5. С. 36–39.
3. *Гниненко Ю.И.* Новые фотографии древесно-кустарниковых пород на территории Украины // Лісівництво і агролісомеліорація. Вып. 105. Харків: С.А.М., 2004. С. 242–244.
4. *Данкверт С.А., Маслов М.И., Магомедова У.Ш., Мордкович Я.Б.* Вредные организмы, имеющие карантинное фитосанитарное значение для Российской Федерации: справочник. Воронеж: Научная книга, 2009. 449 с.
5. *Жимерикин В.Н., Миронова М.К.* Южноамериканская томатная моль – угроза томатному производству // Защита и карантин растений. 2012. № 11. С. 32–34.
6. *Камаев И.О., Тодоров Н.Г.* Исследование эффективности синтетического феромона и феромонных ловушек для каштановой моли (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, 1986) в Московской области // Карантин растений. Наука и практика. 2014. Т. 1. № 7. С. 25–55.
7. *Костылев П.И., Артохин К.С.* Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов юга России: справочное и учебно-методическое пособие. М.: Печатный город, 2010. 368 с.
8. *Оспищев Р.Н., Дудкин С.И.* Исследование последствий инвазии самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в насаждениях самшита в Ростове-на-Дону // Экология и природопользование: тематический сборник. Вып. 17 / Южный федеральный университет; [отв. ред. К.Ш. Казеев]. Ростов н/Д.; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. С. 97–81.
9. *Полтавский А.Н.* Миграции совок (Lepidoptera, Noctuidae) в Ростовской области в 2005–2006 гг. // Эверсманния. 2007. № 9. С. 46–51.

10. *Полтавский А.Н.* Совкообразные чешуекрылые (Lepidoptera: Noctuoidea) Ростовской области. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2016. 127 с.
11. *Полтавский А.Н., Романчук Р.В.* К фауне разноусых чешуекрылых (Lepidoptera) северных районов Ростовской области // Эверсманния. 2016. Вып. 45–46. С. 29–33.
12. *Полтавский А.Н., Ивлиев П.П.* Результаты мониторинга разноусых чешуекрылых (Lepidoptera, Heterocera) в дельте реки Дон в 2011–2015 гг. // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2016. № 16. С. 391–398.
13. *Романчук Р.В., Симонович Е.И.* Новые виды чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) для фауны Ростовской области // Евразиатский энтомологический журнал. 2019. Т. 18. № 5. С. 327–332.
14. *Романчук Р.В., Хачиков Э.А., Поушкова С.В.* Материалы к фауне чешуекрылых (Lepidoptera) Цимлянских песков в Ростовской области (Россия). Сообщение I // Кавказский энтомологический бюллетень. 2019. Т. 15. № 2. С. 381–386.
15. *Савотиков Ю.Ф., Сметник А.И.* Справочник по вредителям, болезням растений и сорнякам, имеющим карантинное значение для территории Российской Федерации. Н. Новгород: Арника, 1995. 231 с.
16. *Щуров В.И.* Самшитовая огневка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Российском Кавказе – хроника трех лет инвазии // VIII Чтения памяти О.А. Катаева. СПб., 2014. С. 99–100.
17. *Щуров В.И., Бондаренко А.С., Вибе Е.Н.* Современное распространение новых видов-инвайдеров (Insecta: Homoptera, Heteroptera, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera) в древесно-кустарниковых экосистемах Северо-Западного Кавказа. Вредители и болезни древесных растений России: мат-лы конф. (Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2013 г.). СПб.: ЛТУ, 2013. С. 20–21.
18. *Grabenweger G., Grill R.* On the place of origin of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae) // Beiträge zur Entomofaunistik. 1, 9–17 Wien, November 2000. 9 p.
19. *Skuhravy V.* Klinenka kastanova-skudce kastanu // Lesnicka prase. 1998. T. 77. № 9. S. 334–335.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАСУХИ И ЗАМОРОЗКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В 2015–2019 гг.

***А.Д. Сазонов*[1, 2], *Р.С. Комаров*[1, 2]**

[1]*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*
[2]*Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону*
alexei.sazonow2016@ya.ru, komarovroman128@ya.ru

Заморозки и засухи тысячи лет вынуждали людей мигрировать в поисках наиболее благоприятных территорий для сельскохозяйственной деятельности. Лишь только в последние сотни лет люди начали предпринимать успешные попытки, направленные на минимизацию воздействия климатических явлений на сельское хозяйство. Глобализация экономики способствовала улучшению ситуации, поскольку появилась возможность транспортировки продовольствия из стран с благоприятными климатическими условиями. В СССР предпринимались неоднократные попытки выращивания сельскохозяйственных культур в нетипичных для них условиях, многие из которых не увенчались успехом и даже привели к серьезным экологическим проблемам. Основными причинами подобных экспериментов послужили продолжительные засухи. Например, экстремальная засуха в Поволжье, которая продолжалась несколько лет (1930–1932 гг.), привела к гибели сотен тысяч человек в результате неурожая и сопутствующего ему голода [Щербенко, 2007].

Некоторые исследователи приходят к выводу, что наблюдаемые глобальные изменения климата согласуются с модельными прогнозами, которые предполагают сильные и широко распространенные засухи в ближайшие 30–90 лет на многих участках суши. Засухи вызваны уменьшением количества осадков и/или увеличением испарения. Можно предположить, что в ближайшие годы площадь засушливых территорий и количество засух будет только возрастать [Dai, 2012]. Также некоторые исследователи обращают внимание на тот факт, что ввиду глобального потепления возрастает ущерб от заморозков. Например, для некоторых видов растений связь между временем таяния снега и обилием цветения летом играет существенную роль. Наиболее обильный снежный покров приводит к более позднему таянию снега, более позднему началу вегетационного периода и, соответственно, меньшей смертности от заморозков, однако с изменением климата меняется характер заморозков, что может быть чревато негативными последствиями [Inouye, 2008].

В современных условиях глобальной экономики природные явления стали представлять меньшую опасность для продовольственной стабильности, поскольку продукты сельскохозяйственной деятельности динамично импортируются и экспортируются по всему миру. Однако в условиях экономических санкций государствам зачастую приходится переходить в автономный режим воспроизводства продукции, что увеличивает риск возникновения продовольственного кризиса, голода и т.д. [Папцов, 2018] Актуальным примером может служить российское продовольственное эмбарго (принято в 2014 г.), которое ограничивает ввоз на территорию России многих сельскохозяйственных продуктов из США, стран Евро-

союза и некоторых других государств [Указ президента РФ, 2014]. Подобные ограничения могут подвергать угрозе продовольственную безопасность России.

В России заморозки и засухи относятся к чрезвычайным ситуациям природного характера, так как зачастую вызывают большие экономические потери, которые могут приносить не только значительный материальный ущерб, но и приводить к ухудшению качества жизни наиболее уязвимых слоев населения [Постановление Правительства РФ, 2007]. Наибольшую опасность засухи и заморозки представляют тогда, когда отягощаются другими чрезвычайными ситуациями, негативно влияющими на сельскохозяйственную деятельность: инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных, поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями и т.п.

По степени распространения на территории РФ наиболее распространены засухи и заморозки регионального характера, материальный ущерб вследствие которых, согласно нормативным актам, должен находиться в диапазоне от 5 до 500 млн руб. Если ущерб меньше или больше данного диапазона, то подобные чрезвычайные ситуации имеют более или менее масштабный характер (локальный, муниципальный, межрегиональный, федеральный и т.д.) [Методические рекомендации, 2008]. В настоящее время в РФ насчитывается 7 регионов с вероятностью возникновения засухи более 50 % и 12 регионов с вероятностью неблагоприятной перезимовки сельскохозяйственных культур более 15 % [Журавлева, Фурсов, 2016].

Основным материалом исследования послужили Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», на основе которых была рассмотрена динамика частоты возникновения засухи и заморозков, а также материальный ущерб, наносимый чрезвычайными ситуациями (рис. 1) [Государственные доклады, 2016–2020].

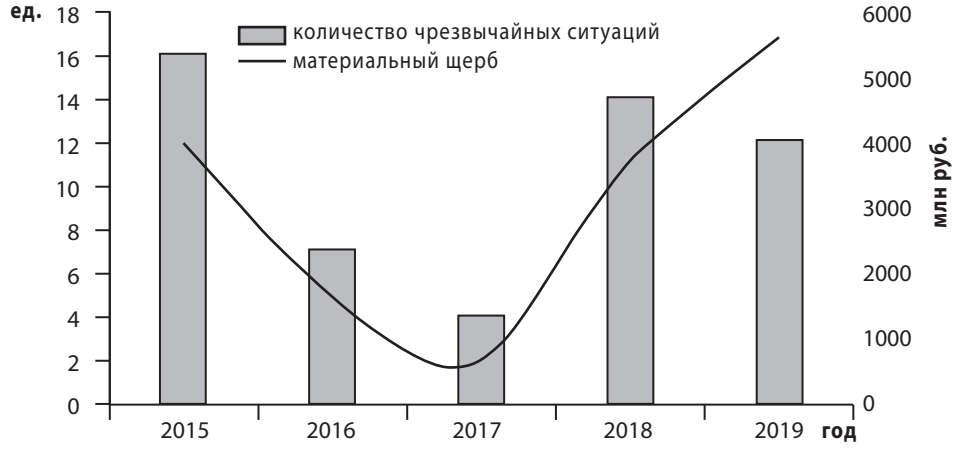


Рис. 1. Динамика количества чрезвычайных ситуаций
и размеры материального ущерба от них на территории Российской Федерации в 2015–2019 гг.
(составлено авторами по: [Государственные доклады, 2016–2020])

При рассмотрении данного графика можно обнаружить положительную корреляционную зависимость (R = 0,81) между количеством чрезвычайных ситуаций и материальным ущербом в результате их последствий, т.е. ущерб почти напрямую зависит от количества неблагоприятных явлений. Одним из объяснений данной зависимости может служить преобладание регионального характера засух и заморозков.

Суммарный материальный ущерб за рассматриваемый пятилетний период превысил 15 млрд руб., а среднегодовой ущерб составил порядка 3 млрд руб., что составляет менее 1 % от общего среднегодового расхода бюджета РФ (2015–2019 гг.) [Минфин РФ, 2020]. Тем не менее следует отметить, что основная часть материального ущерба зачастую возмещается за счет средств региональных бюджетов, на территории которых происходят засухи и заморозки.

Известно, что основными причинами засух и заморозков являются климатические явления, на которые в настоящий момент люди серьезного и оперативного влияния оказывать не могут. Однако снижение материального ущерба от приведенных неблагоприятных явлений можно достигнуть с помощью некоторых мер:

1. Совершенствование методов прогнозирования неблагоприятных климатических явлений и их последствий в виде засух и заморозков.
2. Обеспечение регионов с высоким риском возникновения неблагоприятных погодных условий современными технологическими средствами, гарантирующими минимизацию и ликвидацию чрезвычайных ситуаций (устройства для полива, утепления почвы и т.д.).
3. Непрерывная актуализация календаря посевов и сборов урожая, основанная на данных научных исследований и рекомендаций, составленных для каждого региона с учетом природно-климатических особенностей.
4. Активное выведение и использование новых сортов (пород) сельскохозяйственных растений (животных) с использованием новейших достижений селекции и генной инженерии, основанное на современных и прогнозируемых природных условиях (температура, влажность и т.д.).
5. Оказание материальной помощи пострадавшим сельскохозяйственным предприятиям с целью их сохранения и обеспечения дальнейшего функционирования.
6. Рациональное планирование ограничительных мер, касающихся ввоза и вывоза продуктов растительного и животного происхождения, с учетом риска возникновения неблагоприятных природных явлений на территории сельскохозяйственных регионов.

Таким образом, засухи и заморозки являются одними из наиболее серьезных чрезвычайных ситуаций природного характера, так как приводят к значительным экономическим последствиям. В настоящее время данная проблема требует непрерывного взаимодействия различного рода специалистов и заинтересованных лиц – агрономов, климатологов, экономистов, политиков, предпринимателей и др. – с целью принятия рациональных решений и обеспечения продовольственной безопасности, развития экономики и бизнеса, а также сохранения окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щербенко Е.В.* Мониторинг засухи по данным космических съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 2. С. 395–407.
2. *Dai A.* Increasing drought under global warming in observations and models // Nature Climate Change. 2012. 3(1): 52–58.
3. *Inouye D.W.* Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of Montane wildflowers // Ecology. 2008. 89(2): 353–362.
4. *Папцов А.Г., Шеламова Н.А.* Глобальная продовольственная безопасность в условиях климатических изменений. М., 2018. 132 с.

5. Указ Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 года № 506 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 года № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями на 20 декабря 2019 года).
7. Методические рекомендации по оформлению документов для экспертной оценки ущерба в отраслях агропромышленного комплекса, пострадавших от чрезвычайных ситуаций природного характера. М., 2008.
8. *Журавлева Е.В., Фурсов С.В.* Засуха как один из факторов риска в экономике растениеводства Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 88–90.
9. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» / МЧС России. М., 2016–2020.
10. Официальный сайт Минфин РФ. Бюджетная роспись. URL: https://www.minfin.ru/ru/perfomance/budget/federal_budget/budj_rosp/ (дата обращения: 06.06.2020).

ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ, СДЕРЖИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА В ПРИМОРСКИХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Ю. Санин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
eather86@mail.ru

Для прибрежных рекреационных территорий Российской Федерации характерны разнообразные неблагоприятные и опасные явления природы (НОЯ), которые оказывают существенное влияние на хозяйственную деятельность человека в целом и на рекреационную деятельность в частности. Изучением влияния НОЯ для территории РФ в целом, в том числе для прибрежных морских территорий, занимался целый ряд исследователей [Природные опасности ... 2002; Кузьмин, 2009 и др.]. В общих работах по природопользованию в прибрежных зонах РФ влияние НОЯ так или иначе учитывается [Долотов, 1996; Сафьянов, 1996; Айбулатов, 2005; Игнатов, 2006; Малинин, 2008 и др.], как и в региональных работах, в некоторых из которых рассмотрение различных НОЯ является ключевым или одним из ключевых вопросов [Клюкин, 2007; Баринов, 2009; Гордеева, 2014; Современное состояние ... 2015 и др.]. Различия в их интенсивности играют важную роль в планировании туристических потоков, ведь при прочих равных условиях логично направлять туристов на те участки берега, для которых такие риски минимизированы.

В борьбе с НОЯ важную роль играют современные технологии. Данные дистанционного зондирования позволяют с большей или меньшей точностью выявлять территорию проявления процесса, цифровые технологии, в частности Интернет и мобильная связь, позволяют осуществлять своевременное информирование рекреантов о возникающих угрозах. Мобильная связь последние несколько лет используется МЧС для оповещений о неблагоприятных и опасных явлениях природы, которые ожидаются в ближайшее время, что позволяет уменьшить риски, связанные с ними. Важную роль здесь может играть и предлагаемый мониторинг прибрежной зоны, который должен быть организован для обеспечения прибрежного управления [Айбулатов, 2005], хоть и предполагается, что он будет направлен прежде всего на выявление воздействия человека на береговую зону, однако фиксация обратного воздействия при этом здесь также неизбежна.

Не все выделяемые для России и мира в целом неблагоприятные и опасные явления природы проявляются на прибрежных рекреационных территориях либо приводят к прямому материальному ущербу и человеческим жертвам или негативным последствиям для здоровья и жизни рекреантов. Те, что проявляются, можно разделить на две группы.

НОЯ, которые непосредственно приводят к человеческим жертвам среди рекреантов и местных жителей, травмам, материальному ущербу инфраструктуре. К ним относятся геолого-геоморфологические НОЯ (оползни, обвалы, сели, карстовые провалы, абразия и речная эрозия (в частности формирование блоков отседания и их динамика) и др.). Сюда же условно можно отнести землетрясения и их последствия, метеорологические явления

(бури и ураганы, отжимной ветер, жесткое дневное излучение солнца, которое приводит к получению солнечных ожогов, смерчи и др.), гидрологические (сильное волнение, наводнения, затопление, подтопление и заболачивание территории, течения в море и др.), в некоторых случаях – и биологические (инфекционные заболевания, от единичных до пандемии, и др.). Кроме непосредственного материального ущерба, травм различного рода, гибели рекреантов и местных жителей они могут приводить и к косвенным негативным последствиям: обострению социальных противоречий, индивидуальным и коллективным психологическим травмам, ущербу для экономики смежных регионов и сопряженных отраслей и многому другому, причем такие последствия не так очевидны в сравнении с прямым ущербом. Так, угроза для жизни купающихся, связанная с сильными волнами, может спровоцировать получение психологических травм, которые заметно снизят качество отдыха в последующих поездках.

НОЯ, которые косвенным образом наносят вред здоровью человека и приводят к материальному ущербу. К ним, кроме всех вышеперечисленных, относятся пыльные бури (особенно на Каспийском побережье), сильная жара (ухудшение самочувствия некоторых рекреантов и местных жителей, сужение круга возможностей для активного отдыха), затяжные дожди (снижение качества отдыха, сужение круга возможностей для активного отдыха), сгонно-нагонные явления (могут затруднять купание, сюда же относится и апвеллинг, который лучше всего проявляется на Южном берегу Крыма и лишает возможности купания в море на несколько суток). Отдельно можно выделить подъем уровня Мирового океана, который также можно рассматривать как НОЯ, провоцирующее активизацию других процессов: сгонно-нагонных явлений, абразионных процессов, наводнений и заболачивания территории вследствие подъема уровня грунтовых вод и т.д. Если для морей Мирового океана за последние 100 лет подъем составил около 20 см [Малинин, 2008], и даже такая величина привела к активизации абразионных процессов, уменьшению ширины пляжей и ряду других последствий, то логично ожидать еще более сильное воздействие подъема уровня Каспийского моря, который превысил 1 м, что обусловило существенное сокращение площади каспийских пляжей [Долотов, 1996]. Однако в силу сравнительно слабого рекреационного использования каспийского побережья в настоящее время это прошло сравнительно незаметно.

Не перечисленные здесь НОЯ – например сильные морозы, суховеи, термокарстовые процессы, торфяные пожары и многие другие – как правило, не свойственны приморским рекреационным территориям в туристический сезон, однако они оказывают общее негативное воздействие на экономику страны, что так или иначе затрагивает и туристическую отрасль, в частности снижает платежеспособность рекреантов и уменьшает спрос на туристические поездки.

Влияние пандемии COVID-19 на туризм в прибрежных территориях. В 2020 г. к имеющимся НОЯ добавляется пандемия короновируса COVID-19, которая к середине апреля распространилась на всю территорию страны. Как минимум в текущем году она уже оказала и еще окажет беспрецедентное влияние на туризм, в том числе и прибрежный, причем на текущий момент (май 2020 г.) резко превалирует негативная сторона этого влияния. По предварительным оценкам, последствия пандемии будут проявляться как минимум в течение нескольких лет.

Пандемии и эпидемии опасных болезней имели место и ранее, в XX и начале XXI в., в том числе так или иначе затрагивали территорию современной России. Однако ни одна из них настолько не отражалась на туристической отрасли. Наиболее страшной по послед-

ствиям в XX в. была эпидемия так называемого испанского гриппа, однако в то время отсутствовал массовый организованный туризм, не говоря уже про неорганизованный, который в то время еще только начинал зарождаться.

Эпидемии опасных болезней, которые затрагивали туризм на прибрежных территориях, удавалось локализовать, как, например, холеру в 1970 г. в Феодосии, Астрахани, Батуми и Одессе. Эпидемии гриппа, например гонконгского, азиатского или русского, проходили, как правило, в осенне-зимний период и не препятствовали туристическому сезону на прибрежных территориях. Такие страшные эпидемиологические болезни, как малярия или натуральная оспа, были побеждены еще в первой половине XX в., а в XIX в. именно малярия служила серьезным сдерживающим фактором освоения (в том числе рекреационного) Северо-Кавказского побережья Черного моря.

Уже в настоящее время можно обозначить следующие негативные последствия пандемии для туристической отрасли:

1) запрет или существенные ограничения на посещение основных приморских туристических территорий как минимум в течение части летнего сезона;
2) снижение доходов потенциальных рекреантов, что приведет к отмене поездок на морское побережье или к сокращению их продолжительности, а также к сокращению расходов во время отдыха;
3) закрытие ряда объектов, так или иначе связанных с обслуживанием туристов: кафе, объектов размещения, транспортных маршрутов и т.д., – что изменит условия отдыха, часто в худшую сторону;
4) сохранение ряда мер ограничений, направленных на сдерживание потенциального распространения короновируса (по меньшей мере в летнем сезоне 2020 г.): отмена массовых мероприятий, новые нормы обслуживания организованных рекреантов и т.д.;
5) психологические последствия для рекреантов: напряженность в отношении с некоторыми местными жителями, ощущение угрозы возвращения вируса и т.д., – что суммарно снизит качество отдыха.

Некоторые аспекты управления рисками для приморских территорий. В настоящее время имеет место недостаточный учет связей между физико-географическими особенностями прибрежных территорий, в частности характерными для них неблагоприятными и опасными явлениями природы, и их рекреационным потенциалом и туризмом на них. В некоторых случаях имеет смысл ограничивать использование участков береговой линии и прибрежной зоны в целом, наиболее подверженных НОЯ (характеризующихся наиболее активной абразией, активными оползнями, выходами смерчей на сушу, спуском селевых потоков с гор, затоплением во время половодья рек и др.). Для таких участков необходимо выделять площадь воздействия того или иного НОЯ (с примерной периодичностью такого воздействия), вводить ограничения на строительство объектов инфраструктуры, а в некоторых случаях даже на посещение рекреантами.

Следует избегать активизации НОЯ в результате воздействия человека. В частности, изъятие грунтов из береговой зоны провоцирует абразионные процессы, вырубка лесов делает более выраженными половодья рек, которые могут приводить к наводнениям, а на склонах (например на Кавказском побережье, в Крыму) – и к активизации склоновых процессов. Строительство дорог на склонах приводит к их «подрезке», что провоцирует оползни, нарушение естественного дренажа в ходе строительства дорог приводит к застаиванию воды и заболачиванию. Разумеется, существующие нормы по строительству и эксплуатации инженерных сооружений в большинстве случаев это учитывают, однако

они не всегда соблюдаются должным образом, особенно при строительстве по заказу частных компаний.

Возрастает важность перераспределения туристических потоков в связи с пандемией короновируса. Есть высокая вероятность по меньшей мере кратковременного всплеска внутреннего туризма в связи с закрытием границ, снижением доходов россиян, удорожанием зарубежного отдыха, активизацией страхов перед зарубежными путешествиями, ужесточением правил выезда из РФ, въезда в зарубежные страны. Возрастает актуальность рекреации в связи с ухудшением здоровья россиян, связанным с изоляцией в домах (которую не совсем верно называют самоизоляцией, так как она была вызвана необходимостью минимизировать передачу вируса, а не потребностью в ней россиян) в течение нескольких месяцев из-за пандемии. Имеет место рост актуальности перераспределения туристических потоков между приморскими территориями (в частности с Черного моря на Каспийское и Азовское) или внутри приморских регионов (например с территорий Южного берега Крыма на Керченский полуостров). Это позволит повысить уровень комфортности для туристов, снизить риски, связанные с пандемией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айбулатов Н.А.* Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии / ИО РАН им. П.П. Ширшова. М.: Наука, 2005. 364 с.
2. *Баринов А.Ю.* Геоморфологический анализ ливневой селеопасности береговых морфосистем Черноморского побережья Кавказа: дис. ... канд. геогр. наук. М., 2009.
3. *Гордеева С.М., Малинин В.Н.* Изменчивость морского уровня Финского залива. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2014. 179 с.
4. *Долотов Ю.С.* Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана. М.: Научный мир, 1996. 304 с.
5. *Игнатов Е.И.* Морфосистемный анализ берегов. М.; Смоленск: Маджента, 2006. 406 с.
6. *Клюкин А.А.* Экзогеодинамика Крыма. Симферополь, 2007. 320 с.
7. *Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.
8. *Малинин В.Н.* Уровень океана: настоящее и будущее. СПб.: РГГМУ, 2012. 260 с.
9. *Малинин В.Н.* Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб.: РГГМУ, 2008. 408 с.
10. Природные опасности России. В 6 т. / под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: Крук, 2002. 348 с.
11. *Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во геогр. фак-та МГУ, 1996. 400 с.
12. Современное состояние береговой зоны Крыма / под ред. д.г.н. Ю.Н. Горячкина. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. 252 с.

ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ И ВДОЛЬБЕРЕГОВОЙ ПЕРЕНОС У СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Соколов, Б.В. Чубаренко

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
tengritag@gmail.com, chuboris@mail.ru

Измерения придонных течений в летне-осенние полевые сезоны 1988–1991 гг. на севере Самбийского полуострова (см. рис. 1) на глубинах 3–15 м показали, что с усилением косоподходящего вдольберегового ветра до 6–7 м/с начинает формироваться устойчивый вдольбереговой перенос вод [Бабаков, 2003]. Ослабление косоподходящего ветра приводит к трансформации вдольберегового течения в меандрирующее течение с образованием циркуляционных ячеек, регулярно наблюдавшихся на северном побережье Самбийского полуострова. В первую очередь разрушение вдольберегового потока происходит на изогнутых участках береговой линии и в местах изрезанного донного рельефа. Учитывая преобладающую на Балтике скорость ветров до 8 м/с, неустойчивая гидродинамическая ситуация в береговой зоне юго-восточной Балтики в виде меандров и вихрей [Бабаков и др., 2008; Gurova, Chubarenko, 2012] является типичной.

Циркуляционные ячейки, возникающие в бухтообразных вогнутостях берега как элементы слоя трения для генеральной циркуляции морских вод, сохраняются некоторое время с усилением нагонного ветра. Но как только умеренный ветер разворачивается под острым углом к берегу, эти ячейки разрушаются и формируется устойчивый вдольбереговой перенос вод, что характерно для всех типов побережий, и это неоднократно отмечалось другими исследователями [Putnam et al., 1949; Шадрин, 1972; Воцехович, 1986].

Цель настоящего исследования – выяснить на основе результатов численного моделирования условия (скорости и направления ветра), при которых происходит перестройка течений в прибрежной зоне от ячеистой циркуляционной структуры к однонаправленному вдольбереговому потоку к и наоборот.

Для расчета осредненных по глубине скоростей течений использовался гидродинамический модуль программного комплекса MIKE1 (https://www.mikepoweredbydhi.com) Датского гидравлического института (DHI). Расчет основывался на решении уравнений мелкой воды и велся методом конечных элементов на нерегулярной сетке. Расчетная область охватывала всё Балтийское море, включая Ботнический залив (см. рис. 1). Типичная длина стороны элемента сетки составляла 6–10 км, а минимальная (в прибрежных областях юго-восточной Балтики) – 100–200 м. Такое представление позволяло сократить время расчета и обеспечить его высокую точность в областях, представляющих наибольший интерес.

Все границы расчетной области считались закрытыми. Данные об атмосферном воздействии (значения компонентов скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря и атмосферное давление) извлекались из системы глобального реанализа ERA-Interim (https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim). Шаг сетки извлекаемых

данных по широте и долготе составлял 1 град., временной шаг равнялся 6 ч. Влияние волнения на формирование течений не учитывалось.

Верификация численной модели производилась путем сравнения (за период с 18.04.2018 по 07.05.2018) результатов расчета с данными прибора RDCP, смонтированного на донной станции (глубина примерно 20 м) в точке с координатами 54°59,15'N и 20°22,85'E (см. рис. 1). Коэффициент корреляции между расчетными и измеренными, осредненными по глубине скоростями составил 0,62.

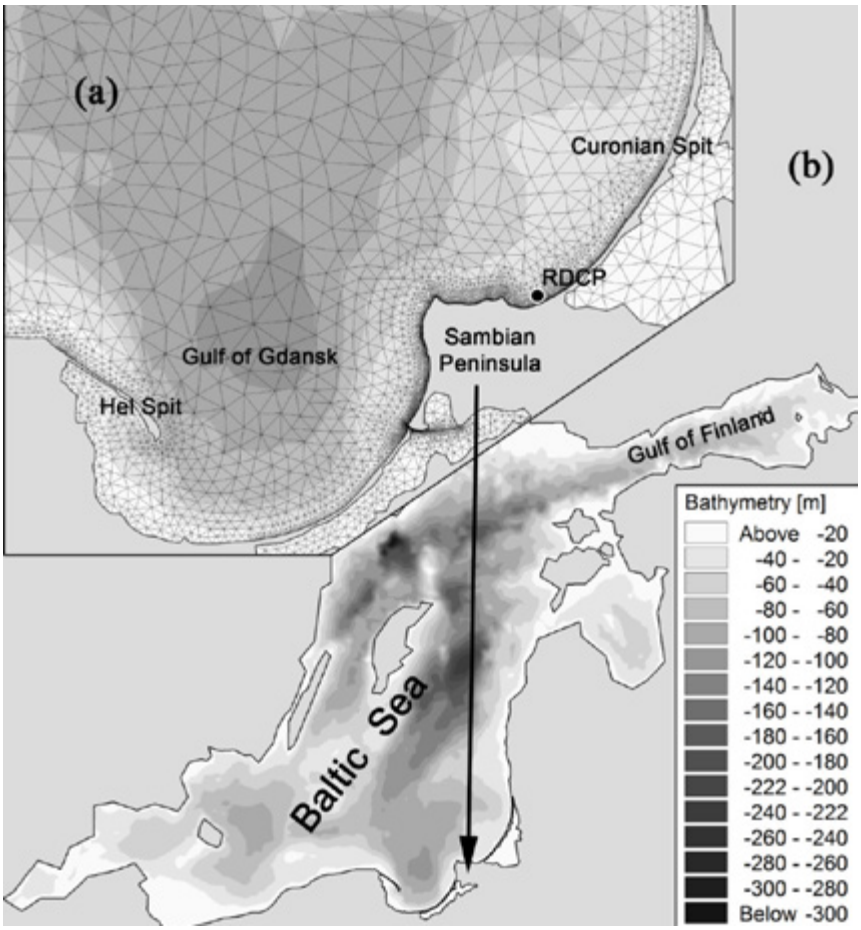


Рис. 1. Расчетная область с картой глубин:
(a) фрагмент расчетной сетки в районе Самбийского полуострова;
(b) общий вид расчетной области. RDCP – положение прибора,
данные которого были использованы для верификации

По результатам сравнения осредненных по глубине абсолютных скоростей течений (измерения и расчет), а также скорости ветра (рис. 2) можно отметить совпадение вариаций скоростей течений, рассчитанных по модели, с изменениями ветра: пики обеих величин 18–19 и 21.04.2018, общее усиление ветра и скорости течений в период 24–28.04.2018 и в период 02–05.05.2018. Связь реальных течений, измеренных RDCP, с ветром не такая однозначная. Наилучшим совпадением можно считать усиление течения 24–28.04.2018 и кратковременный пик 06.05.2018. Усиление ветра 21.04.2018 отразилось на течениях только на следующий день (22.04.2018). Течения кратковременно усиливались почти без связи с ветром накануне 30.04.2018 и 01.05.2018. Учитывая, что ветровые данные ERA-Interim

являются усреднением на более крупном масштабе, чем локальные пространственные особенности берега, и в модели не учтено волнение, можно сказать, что скорость течения, воспроизведенная моделью по этим данным, является усредненной составляющей, а реальные скорости (которые показали данные RDCP) в среднем больше расчетных (иногда в разы) и обусловлены локальными особенностями в поле ветра и структуре глубин.

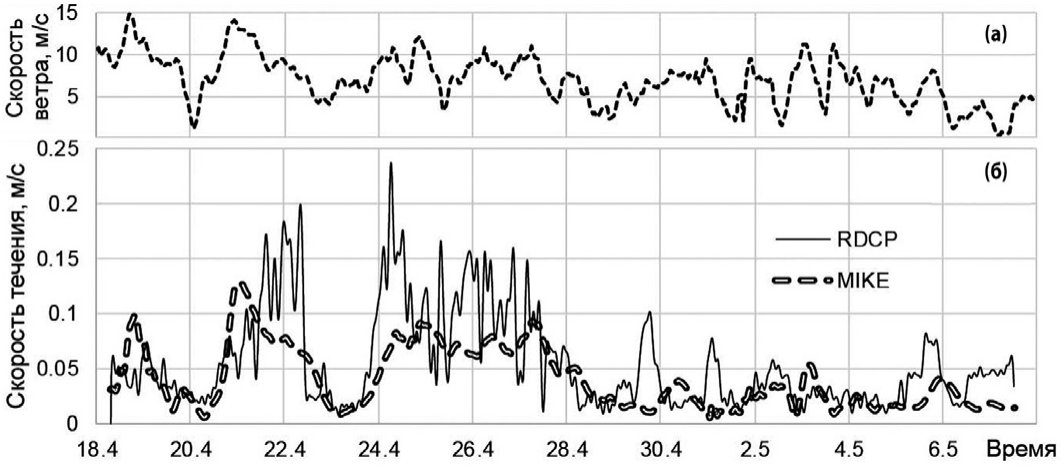


Рис. 2. Скорость ветра (a) и абсолютные значения осредненных по глубине скоростей течений, измеренных RDCP и рассчитанных по модели MIKE (b) за период 18.04–08.05.2018

Предварительные расчеты показали, что при постоянном ветре расчетные гидродинамические условия в районе северного побережья Самбийского полуострова становятся практически стационарными уже за время порядка нескольких часов. Поэтому в качестве *модельного сценария анализа трансформации структуры течений* был выбран следующий: над всей расчетной областью задается постоянный по направлению ветер, скорость которого изменяется ступенчато от 2,5 м/сек до 25 м/сек с шагом 2,5 м/сек каждые 24 часа. В конце каждых суток фиксируются поля осредненных по глубине скоростей течений.

Результаты расчетов по модельному сценарию для ССЗ ветра (337,5 град.). На рисунке 3a видно, что уже при ветре со скоростью 2,5 м/сек во всех более или менее выраженных бухтообразных изгибах береговой линии возникают вихревые структуры. Кроме того, от восточной оконечности мыса Таран (точка 1 на рис. 3a) до зоны конвергенции у корня Куршской косы (точка 4 на рис. 3a) моделируется вдольбереговой транспорт вод с запада на восток, который прерывается только в двух местах (точки 2 и 3 на рис. 3a), где наблюдаются встречные прибрежные течения (см. увеличенный фрагмент, рис. 3b).

При усилении ветра мелкие вихри у берега постепенно исчезают и возникает стабильный вдольбереговой перенос. При этом на удалении от берега формируются новые мелкие вихри, центры крупных вихрей смещаются мористее, а сами крупные вихри усиливаются и увеличиваются в размерах (см. рис. 4). По мере усиления ветра скорости встречных течений в зонах 2 и 3 (см. на рис. 3) уменьшаются. При скорости ветра 7,5 м/с скорости встречных течений практически равны нулю, а при скорости ветра 10 м/с встречные течения уже отсутствуют, хотя в зонах 2 и 3 наблюдается существенное замедление скоростей вдольберегового транспорта с запада на восток. При скорости ветра более 10 м/с на всем протяжении северного побережья Самбийского полуострова наблюдается устойчивый вдольбереговой перенос без разрывов.

Даже при небольшом размере ячеек расчетной сетки около берега расчетная береговая линия более плавная, чем реальная. При ее уточнении следует ожидать большего числа разрыва вдольберегового потока, чем в расчете. Однако можно предположить, что в любом случае для северного берега Самбии критическая скорость ветра (при которой возникает устойчивый вдольбереговой перенос) находится в пределах от 7,5 до 10 м/с.

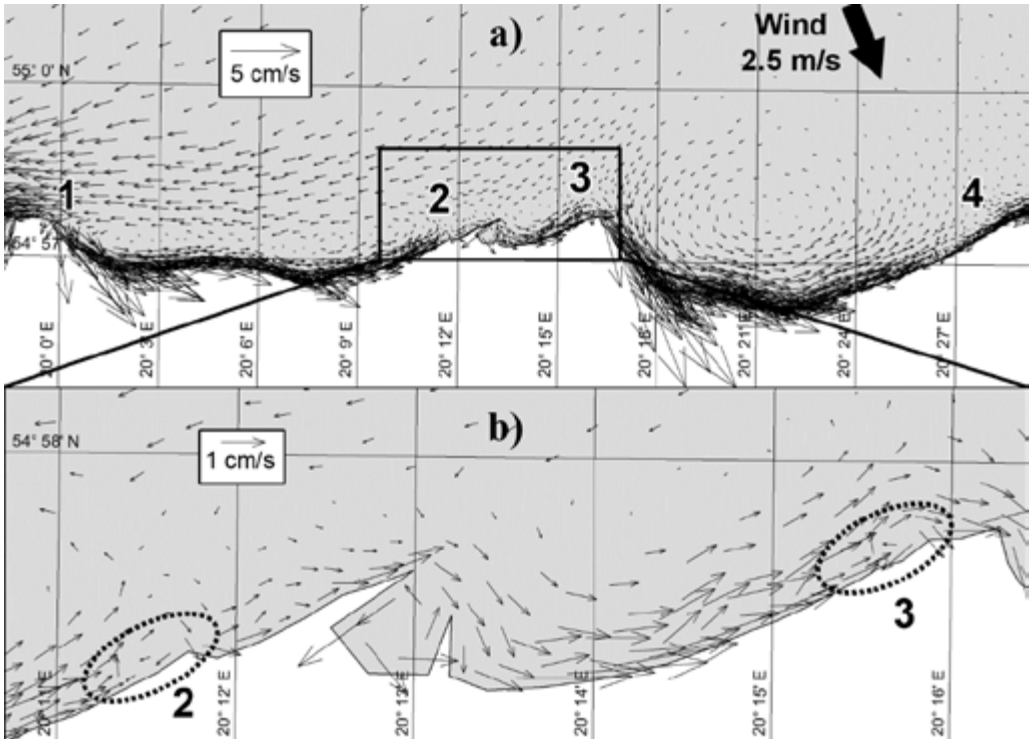


Рис. 3. Поля осредненных по глубине течений при ССЗ ветре 2,5 м/сек:
a) вдольбереговой транспорт вод на восток;
b) участки, на которых возникают встречные течения

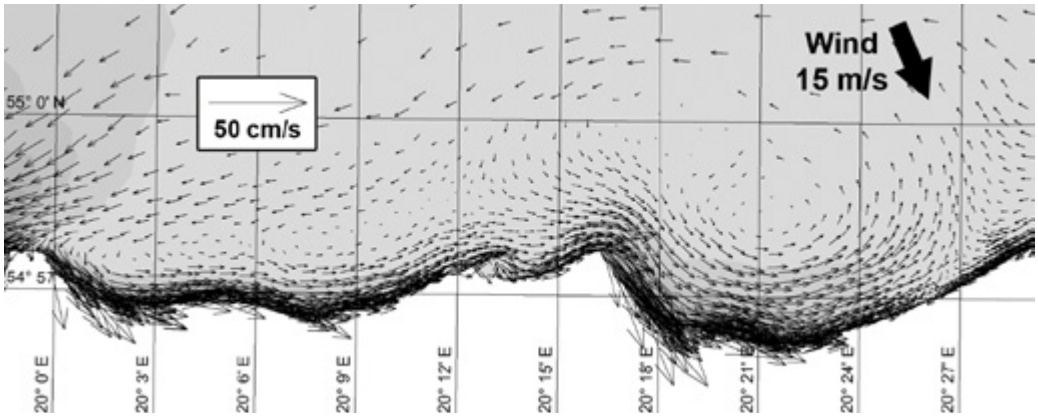


Рис. 4. Поля осредненных по глубине течений при ССЗ ветре 15 м/с

Создание расчетной сетки выполнялось в рамках темы № 0149-2019-0013 госзадания ИО РАН. Данные RDCP предоставлены группой В.Т. Паки. Верификация модели и анализ результатов проводились при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00962.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабаков А.Н.* Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне юго-восточной Балтики (Самбийский п-ов и Куршская коса): дис. ... канд. геогр. наук / географ. фак-т КГУ. Калининиград, 2003. 273 с.
2. *Бабаков А.Н., Чубаренко Б.В., Сивков В.В., Горбацкий В.В., Гурова Е.С.* Поверхностные течения на морском побережье Куршской косы по данным дистанционных измерений радиолокационной системой Codar // Ученые записки Русского географического общества (Калининградская область). Электронная версия. 2008. Т. 7. Ч. 1. С. F1–F4.
3. *Войцехович О.В.* Натурные исследования штормовых течений и вдольберегового перемещения наносов на северо-западном побережье Черного моря: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Институт океанологии АН СССР. М., 1986. 23 с.
4. *Шадрин И.Ф.* Течения береговой зоны бесприливного моря. М.: Наука, 1972. 128 с.
5. *Gurova E., Chubarenko B.* Remote-sensing observations of coastal sub-mesoscale eddies in the south-eastern Baltic // Oceanologia. 2012. Vol. 4. No. 54. P. 631–654. DOI: 10.5697/oc.54-4.631
6. *Putnam T.A., Munk W.H., Traylor M.A.* The prediction of longshore currents // Trans. AGU. 1949. Vol. 30. No. 3 (337). P. 337–345.
7. *Sokolov A., Chubarenko B.* Numerical simulation of dynamics of sediments disposed in the marine coastal zone of South-Eastern Baltic // Baltica. 2018. 31 (1). P. 13–23.

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСТАТКОВ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ПОБЕРЕЖЬЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Соколов, Б.В. Чубаренко

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
tengritag@gmail.com, chuboris@mail.ru

Штормовое воздействие [Бобыкина, Стонт, 2015; Соколов и др., 2016], приводящее к значительной абразии берегов Калининградской области [Karmanov et al., 2018], определяет необходимость регулярного проведения берегозащитных мероприятий. В таких случаях на помощь приходят современные технологии и новые искусственные (синтетические) материалы [Домнин и др., 2019], которые применяются в конструкциях для увеличения продолжительности сроков службы берегозащитных сооружений.

К берегозащитным сооружениям, служащим для стабилизации подверженных обрушениям берегов, относятся в частности габионы, расположенные в районе Светлогорской бухты (Source на рис. 1). Габионные конструкции не предназначены для берегоукрепления в условиях прямого волнового воздействия, но во время штормов, при значительном подъеме уровня моря волны начинают бить непосредственно в основание сооружения, и возникают условия для разрушения габионной сетки, удерживающей каменную кладку от рассыпания. Сетка имеет полимерную оплетку, которая также разрушается. Плотность материала оплетки практически совпадает с плотностью воды, и ее фрагменты, обладая практически нейтральной плавучестью, могут перемещаться волнами и течениями далеко от места появления. Таким образом, при решении задачи берегоукрепления в Калининградской области возникла проблема загрязнения окружающей среды остатками геосинтетических материалов [Есюкова и др., 2018; Esiukova et al., 2018].

Задачей настоящего исследования было оценить возможные пути перемещения фрагментов оплетки, поступающих в море при разрушении берегозащитных сооружений Калининградской области, с помощью математического моделирования.

Для моделирования использовался программный комплекс Датского Гидравлического института DHI MIKE1 (https://www.mikepoweredbydhi.com), а именно его гидродинамический модуль, позволяющий рассчитать трехмерные поля скоростей течений. Расчет основывался на решении уравнений мелкой воды и велся методом конечных элементов на нерегулярной сетке. Расчетная область охватывала всё Балтийское море, включая Ботнический залив (см. рис. 1). Типичная длина стороны элемента сетки составляла 6–10 км, а минимальная (в прибрежных областях юго-восточной Балтики) – 100–200 м. Такое представление позволяет сократить время расчета и обеспечить его высокую точность в областях, представляющих наибольший интерес.

По вертикальной координате использовалась комбинация σ- и z-слоев: 10 σ-слоев до глубины 20 м (количество слоев не меняется, толщина слоя меняется пропорционально

глубине). Глубже 20 м использовались z-слои фиксированной толщины, максимальное количество которых в самом глубоком месте Балтики равнялось 10 (т.е. всего 20 слоев: 10 σ- и 10 *z*-слоев), а по мере уменьшения глубины количество z-слоев автоматически сокращалось. Расчет 3-мерных полей течений (без учета поверхностного волнения и термохалинной циркуляции) производился с использованием логарифмического закона зависимости вертикальной турбулентной вязкости от глубины (как показавшего наилучшие результаты при калибровке). Все границы расчетной области считались закрытыми. Данные об атмосферном воздействии (значения компонентов скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря и атмосферное давление) извлекались из системы глобального реанализа ERA-Interim, находящейся в открытом доступе в сети Интернет (https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim). Шаг сетки извлекаемых данных по широте и долготе составлял 1 град., временной шаг равнялся 6 ч. Для отслеживания возможных путей перемещения фрагментов оплетки использовался модуль транспорта лагранжевых частиц программного комплекса MIKE.

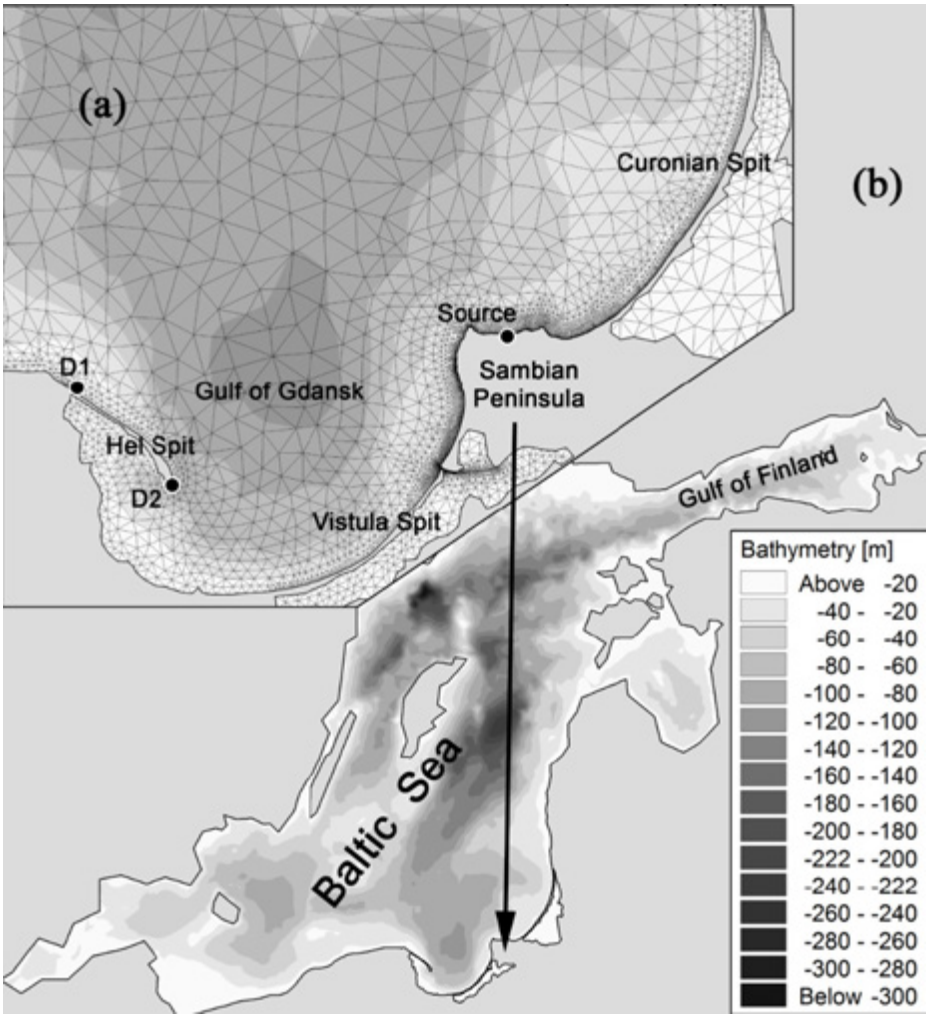


Рис. 1. Расчетная область с картой глубин:
(a) фрагмент расчетной сетки в районе Самбийского полуострова;
(b) общий вид расчетной области. D1 и D2 – точки старта дрифтеров.
Source – источник пластикового мусора (оплетки от габионов) в районе Светлогорской бухты

Верификация численной модели производилась путем сравнения реальных и смоделированных траекторий дрифтеров (рис. 2), запущенных 01.11.2017 с корня косы Хель из точки D1 и 02.11.2017 – с оконечности косы Хель из точки D2.

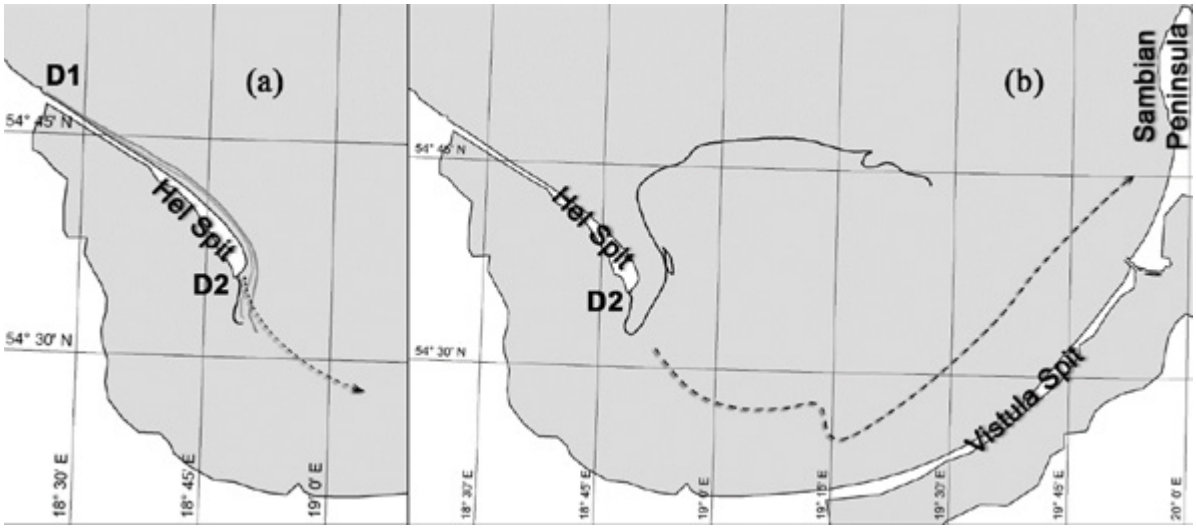


Рис. 2. Модельные (сплошные линии)
и реальные (пунктирные линии) треки дрифтеров:
(a) – на момент отключения дрифтеров, запущенных из точки D1 (4 ноября 2017 г.);
(b) – на момент отключения дрифтера, запущенного из точки D2 (16 ноября 2017 г.)

Дрифтеры, запущенные из точки D1, подавали сигналы до 04.11.2017. За первый день они прошли до оконечности косы Хель. До этого момента траектории реальных и модельных (сплошные серые линии на рис. 2a) практически совпадали. Далее реальные дрифтеры, запущенные из точки D1, а также дрифтеры, запущенные из точки D2, в течение двух дней двигались в южном-юго-восточном направлении в сторону южного берега Гданьского залива (см. пунктирную линию на рис. 2a). Модельные же дрифтеры на эти два дня практически затормозились и далее двинулись в северном направлении. Реальный дрифтер, запущенный 02.11.2017 из точки D2, двигался вдоль Вислинской косы на расстоянии нескольких десятков километров от берега (см. пунктир на рис. 2b), иногда совершая сложные петлеобразные движения, не показанные на рисунке. Трек же модельного дрифтера сразу сильно отклонился в северном направлении. Хотя общие направления движения реального и модельного дрифтеров (в сторону западного побережья Самбийского полуострова) совпадают, различия весьма заметны.

Полученные результаты позволяют надеяться, что используемая инсталляция 3-мерной модели количественно адекватно описывает течения в районе берега, а для более удаленных акваторий позволяет получать качественно верные результаты.

Модельный сценарий предполагал, что из потенциального источника загрязнений (Source на рис. 1), расположенного в районе г. Светлогорск Калининградской области, один раз в час испускается частица пассивного трассера (не оседает на дно и берег).

Расчет проводился для 2017 г. Полученная картина траекторий (рис. 3) характерна только для данного года и не может рассматриваться как среднемноголетняя. Она очень ярко отражает типичный для Юго-Восточной Балтики эффект переноса трассера вдоль

берега на север, и почти совсем не показывает распространение частиц в сторону Гданьского залива (только частично вдоль западного берега Самбийского полуострова).

Модельные расчеты не показали распространение трассера на север далее входа в Рижский залив, что иллюстрирует возможный масштаб годового распространения. Также примечательно, что распространение пассивных частиц в сторону центра Балтики происходило в модели только в глубинных, а не поверхностных слоях, что говорит о водообмене прибрежной зоны с открытой акваторией Балтики по «нагонному» типу: приток в сторону берега по поверхности, а отток – в глубинных слоях.

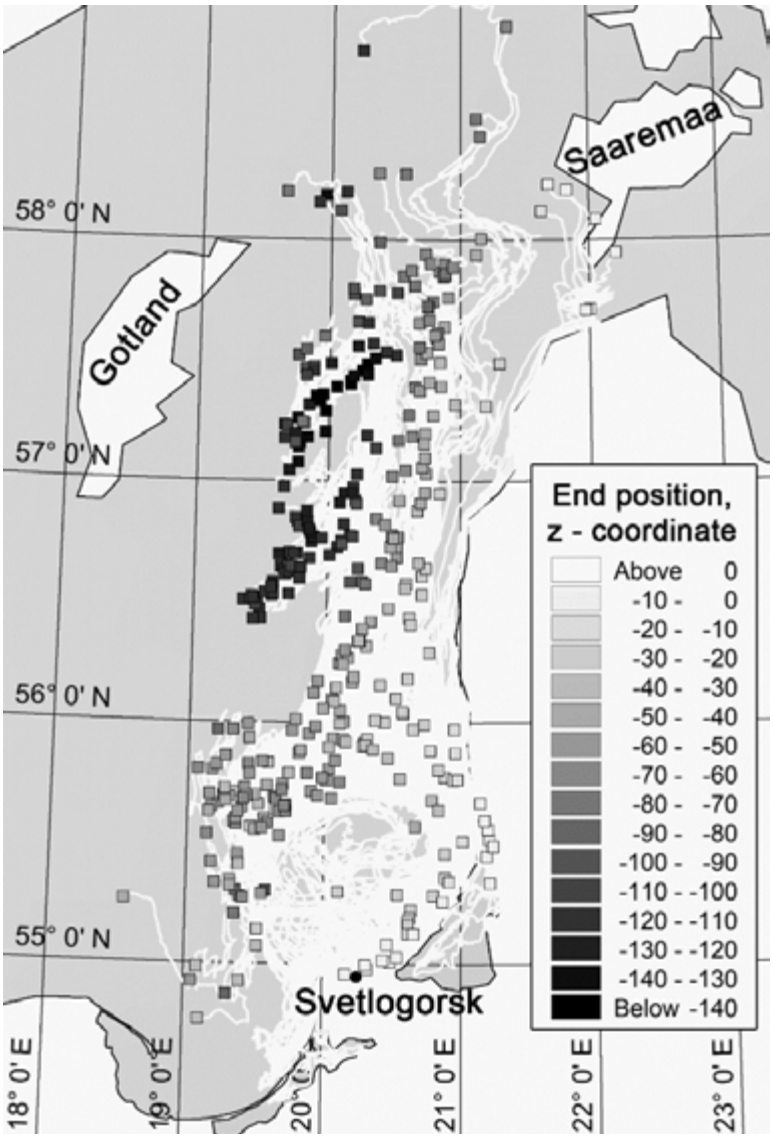


Рис. 3. Модельные траектории трассеров, выпущенных из источника в Светлогорске, за 2017 г. Квадрат обозначает конечное положение трассера, а его цвет соответствует конечной глубине

Создание расчетной сетки и верификация гидродинамической модели по трекам дрифтеров выполнялись в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0013). Анализ и интерпретация результатов проводились при поддержке гранта РФФИ № 18-55-76002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобыкина В.П., Стонт Ж.И.* О зимней штормовой активности 2011–2012 гг. и ее последствиях для побережья Юго-Восточной Балтики // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 3. С. 322–328.
2. *Домнин Д.А., Бурнашов Е.В., Есюкова Е.Е., Карманов К.В.* Влияние мероприятий инженерной защиты с использованием геосинтетических материалов на состояние оползневых склонов морского побережья Калининградской области // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: сб. мат-лов IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста (Брест, 12–14 сент. 2019 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Ин-т природопользования НАН Беларуси; Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А.К. Карабанов, М.А. Богдасаров, А. А. Волчек. Брест: БрГУ, 2019. С. 222–225.
3. *Есюкова Е.Е, Чубаренко Б.В., Бурнашов Е.М.* Геосинтетические материалы как источник загрязнения пластиковым мусором морской среды // Региональная экология. 2018. № 3 (53). С. 15–28. DOI: 10.30694/1026-5600-2018-3-15-28.
4. *Соколов А.Н., Чубаренко Б.В., Карманов К.В.* Гидродинамические условия в береговой зоне Балтийской/Вислинской косы и Самбийского полуострова: шторм января 2012 г. // Известия КГТУ. 2016. № 43. С. 67–77.
5. *Esiukova E., Chubarenko B., Simon F.-G.* Debris of geosynthetic materials on the shore of South-Eastern Baltic (Kaliningrad Oblast, Russian Federation) // Proc. of 7th IEEE/OES Baltic Symposium “Clean and Safe Baltic Sea and Energy Security for the Baltic countries” (12–15 June 2018, Klaipėda, Lithuania). IEEE Xplore Digital Library, 2018. P. 1–6. https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634842.
6. *Karmanov K.V., Burnashov E.M., Chubarenko B.V.* Contemporary dynamics of the sea shore of Kaliningrad Oblast // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics. 2018. Vol. 65 (2). P. 143–159. DOI: 10.1515/heem-2018-0010.

ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ ВОЛНЕНИЕ НА БАЛТИКЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Соколов, Б.В. Чубаренко

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
tengritag@gmail.com, chuboris@mail.ru

Информация об экстремальных волновых явлениях имеет исключительную важность для мореплавания и проектирования морских сооружений. В последние десятилетия измерения параметров волнения в акватории Балтийского моря ведутся с помощью высокоточных волновых буев [Soomere, 2008; Bjorkqvist et al., 2018], записи которых позволяют оценить величины экстремальных волн. По данным волнового буя NBP Финского метеорологического института в северной части Центральной Балтики, максимальная значительная высота волн (22.12.2004) была 8,2 м, период 12,7 сек., а продолжительность волнения с высотами более 6 м составила 9 ч. Аналогичная ситуация наблюдалась 11.01.2017, когда значительная высота волн составила 8 м, период – 12,5 сек., а волнение с высотами более 6 м наблюдалось 15,5 ч [Bjorkqvist et al., 2017].

В последние годы в открытом доступе сети Интернет появились данные глобальных реанализов (метеоданные, данные о параметрах волнения, ледового покрова и т.д.). Они имеют высокое пространственное и временное разрешение и охватывают значительные временные интервалы, от десятков до сотен лет. Метеоданные реанализа могут быть использованы как граничные условия при моделировании практически любых процессов взаимодействия океана и атмосферы. Совместное использование данных реанализа с новейшими волновыми моделями позволяет проводить изучение полей волнения по всей акватории морей и океанов, в частности и в тех местах, где отсутствуют прямые измерения. Так, например, в работе [Bjorkqvist et al., 2018] отмечается, что наибольшие значительные высоты волн (более 9 м) должны наблюдаться в южной части Центральной Балтики, где измерительных волновых буев нет, и можно полагаться только на результаты моделирования.

Целью настоящей работы было провести анализ экстремального волнения на Балтике на климатическом отрезке времени (40 лет, с 1979 по 2018 г.) по данным численного моделирования с использованием метеоданных реанализа.

Для получения массива данных параметров ветрового волнения использовалась спектральная волновая модель MIKE SW (https://www.mikepoweredbydhi.com) Датского гидравлического института. Она позволяет рассчитать волновые спектры и такие статистические параметры волнения, как значительная высота волны, период, направление и скорость распространения волн и т.д. Расчет проводился методом конечных элементов на нерегулярной сетке. Типичная длина стороны треугольного элемента сетки составляла 6–10 км, а минимальная 2–3 км. Расчетная область охватывала всё Балтийское море, рассматривавшееся как замкнутый водоем (без открытых границ).

Для учета атмосферного воздействия использовались данные глобального реанализа ERA-Interim (https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim) за период с 1979 по 2018 г., предоставленные Европейским центром среднесрочных прогнозов и находящиеся в свободном доступе. Разрешение по широте и долготе составляло 1 град.,

шаг по времени 6 ч. Из массива данных реанализа извлекались значения компонентов скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря.

Расчет проводился с учетом текущей ледовой обстановки на Балтике (информация из базы данных Era-Interim). Подробное описание установок модели и процесс ее калибровки приведены в работе [Соколов, Чубаренко, 2019].

По откалиброванной модели были рассчитаны параметры ветрового волнения для всего Балтийского моря с 1979 по 2018 г. с интервалом в 1 ч, которые послужили исходными данными для дальнейшего анализа. Далее полученные на нерегулярной сетке результаты были приведены к регулярной сетке с размером ячеек примерно 21 × 21 км. Итоговая регулярная сетка имела 60 ячеек в долготном и 65 – в широтном направлении.

На рисунке 1а приведена карта распределения максимальных значений значительной высоты волны, которые были получены по результатам расчетов в той или иной ячейке за 40 лет. Следует отметить, что данный рисунок не является моментальным «снимком» распределения высот волн в Балтийском море. Каждая ячейка на этом рисунке отражает значение значительной высоты волны в разное время. Номерами на рисунке 1а обозначены ячейки, для которых извлекались временные серии с целью провести анализ временной изменчивости высоты ветровых волн и погодных условий, соответствующих максимальным волнам. Эти ячейки выбирались так, чтобы они были представительными для различных участков акватории, максимальные значительные высоты волн в них превышали 8 м.

Результаты расчетов, представленные на рисунке 1а, выглядят достаточно неожиданно. Особенно это касается ячеек 1, 6 и 7, расположенных у западных берегов Балтики, в которой, как известно, преобладают западные ветры, и рассматриваемые области обычно находятся в условиях относительной ветровой тени. В среднем за 40 лет максимальные значения значительной высоты волны в ячейках 1, 6 и 7 составляют порядка 5 м (см. штриховые линии на рис. 1б). Это примерно на метр ниже, чем в Центральной и Юго-Восточной Балтике (порядка 6 м для ячеек 2–4). Тем не менее максимальные за 40 лет значения даже превышают таковые для более открытых регионов (т. 3–5). Например, максимальное рассчитанное значение для ячейки 6 составило 10,2 м, что явилось абсолютным максимумом для всего Балтийского моря за 40 лет.

Рассмотрим экстремальные явления 1984 г., во время которых расчетные значительные высоты волн в ячейках 1 и 6 достигали абсолютного максимума за рассматриваемый период. Шторм в ночь с 13 на 14 января 1984 г. (южный ветер) привел к возникновению наиболее высоких волн северо-северо-западнее острова Готланд. Максимальная расчетная значительная высота волн (10,2 м) была достигнута в ячейке 6, близкая к максимальной (8,5 м) – в ячейке 7. Скорость ветра в районе ячеек 6 и 7 достигала 28 м/с и 23 м/с соответственно.

Измерительный буй Almagrundet располагается чуть севернее ячейки 7. Согласно работе [Broman et al., 2006], максимальное зарегистрированное этим буем значение составило 7,7–7,8 м как раз при прохождении этого шторма. По нашим расчетам, максимальное значение значительной высоты волны для ячейки, расположенной севернее ячейки 7, при прохождении данного шторма также составило 7,8 м.

Максимальная рассчитанная величина значительной высоты волны для ячейки 1 (8,8 м) пришлась на другой шторм 1984 г., имевший место 28 ноября. Ветер, как и во время шторма 13–14 января, был южным. Однако в данном случае значительная высота волны в ячейке 6 не превышала 3,4 м, а в ячейке 7 – 3,8 м. Различие рассчитанных высот волн объясняется разной скоростью ветра: в районе ячейки 1 она составила 24 м/с, а в ячейках 6 и 7 не превышала 15–16 м/с. К сожалению, нет измерительных буев, расположенных хотя бы в относительной близости от ячейки 1, и в литературе не удалось найти данных по шторму 28 ноября 1984 г., поэтому сопоставить данные расчетов и измерений в данном случае не представляется возможным.

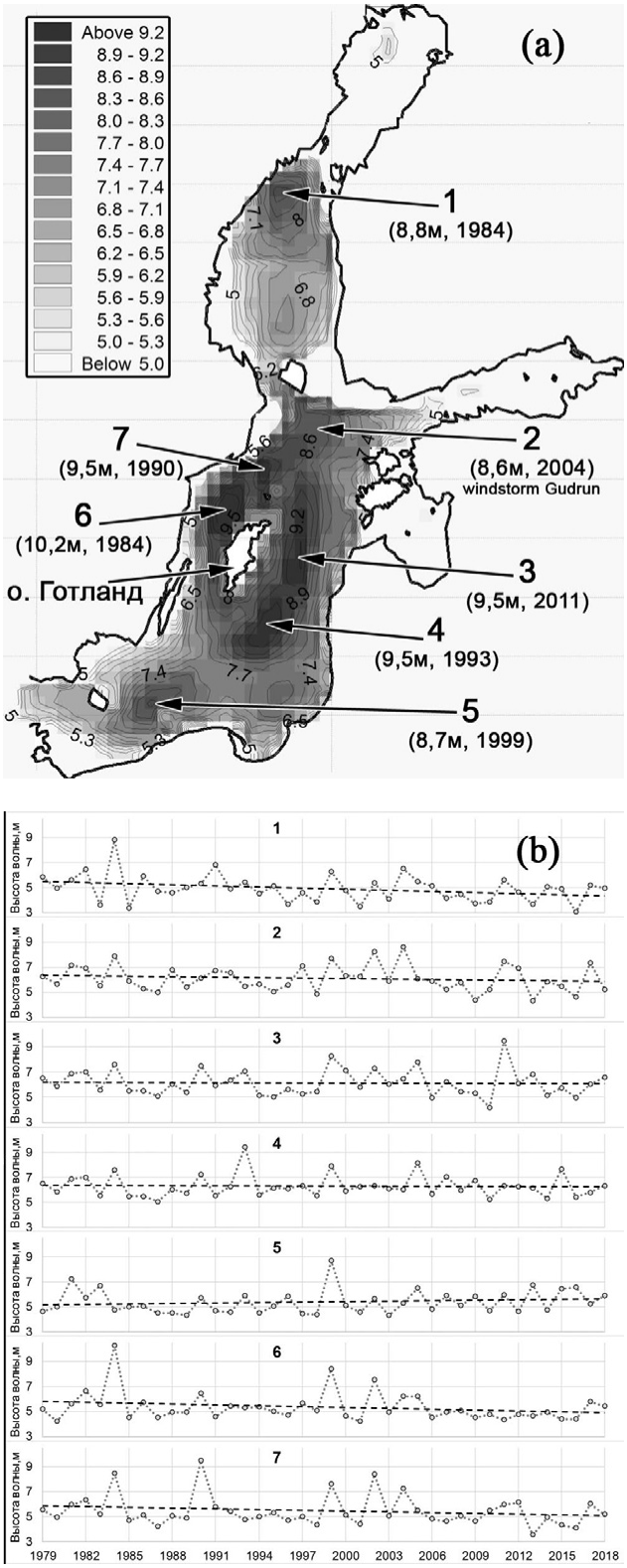


Рис. 1. Максимальные значения значительной высоты волны, полученные по результатам расчета за 40 лет: (a) – карта пространственного распределения (в белых областях макс. высота была менее 5 м, номерами обозначены ячейки, в которых наблюдались максимальные значения, в скобках указаны величина максимума и соответствующий год); (b) – временные серии максимальных за год значительных высот волн для ячеек, обозначенных номерами (штриховыми линиями показаны линейные тренды)

Проведение расчетов параметров волнения и представление результатов на данной конференции были поддержаны проектом РФФИ 18-05-80035. Анализ данных был проведен в ходе исполнения темы 0149-2019-0013 госзадания ИО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.* К вопросу о моделировании экстремального волнения в Балтийском море // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 200–203.
2. *Bjorkqvist J.-V., Tuomi L., Tollman N., Kangas A., Pettersson H., Marjamaa R., Jokinen H., Fortelius C.* Brief communication: characteristic properties of extreme wave events observed in the Northern Baltic Proper, Baltic Sea // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2017. 17. P. 1653–1658.
3. *Bjorkqvist J.-V., Lukas I., Alari V., van Vledder G.P., Hulst S., Pettersson H., Behrens A., Mannik A.* Comparing a 41-year model hindcast with decades of wave measurements from the Baltic Sea // Ocean Engineering. 2018. 152. P. 57–71.
4. *Broman B., Hammarklint T., Rannat K., Soomere T., Valdmann A.* Trends and extremes of wave fields in the north-eastern part of the Baltic Proper // Oceanologia. 2006. 48 (S). P. 165–184.
5. *Soomere T., Behrens A., Tuomi L.,* and *Nielsen J.W.* Wave conditions in the Baltic Proper and in the Gulf of Finland during windstorm Gudrun // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2008. 8. P. 37–46.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ДЕЛЬТЕ ДОНА, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА, В 2015–2017 гг.

В.В. Сорокина, А.Ю. Московец, А.В. Клещенков

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
v.sorok@mail.ru

В устьях рек среди всех опасных природных процессов преобладают опасные гидрологические процессы (ОГП), явления (ОГЯ) и события (ОГС). Особенно значимыми признаются речные наводнения и штормовые нагоны, вызывающие наибольший ущерб и приводящие к человеческим жертвам. При этом с середины XX в. и особенно в начале XXI в. в устьях рек европейской части России количество и масштабы речных наводнений статистически значимо уменьшаются, а число и интенсивность нагонных наводнений, наоборот, возрастает [Магрицкий, 2017].

Последний маловодный период 2007–2019 гг. на Дону характеризовался низкими величинами водного стока 11,3–17,9 км^3/год (при норме стока ~22 км^3 [Сорокина и др., 2006]), половодье практически не было выражено (за исключением 2018 г.). На фоне пониженной водности реки определяющее влияние на гидрологический режим дельты и взморья оказывают сгонно-нагонные явления.

Ветры с восточной составляющей («верховка») вызывают сгон воды. Формируется стоково-сгонный уровень воды, и может наблюдаться его падение ниже критических отметок, что неблагоприятно влияет на судоходство, на нерест проходных и полупроходных рыб [Матишов, 2015а]. Ветры с западной составляющей («низовка») вызывают нагон воды из Таганрогского залива. Нагонные длинные волны могут проникать в водотоки дельты и на устьевой участок р. Дон на большие расстояния, так как сопротивление, которое оказывают им прямые положительные волны попуска, менее значительно. Катастрофические наводнения в Таганрогском заливе и дельте Дона в 2013 и 2014 гг. подробно документированы в работах ЮНЦ РАН [Матишов и др., 2014а, 2014б; Матишов, Бердников, 2015; Матишов, 2015а, 2015б]. При сильных нагонах отмечена угроза проникновения соленых вод в дельту Дона [Матишов и др., 2017].

В этой связи качественный мониторинг, создание информационной основы для дальнейших исследований и расчетов (в т.ч. специализированных электронных баз данных), установление причин, механизмов и пространственно-временных особенностей развития ОГП и ОГЯ, их количественная оценка и анализ, обоснование и реализация эмпирических и физико-математических моделей, развитие систем прогнозирования и раннего предупреждения, выработка научно обоснованных рекомендаций для государственных и коммерческих организаций являются актуальными задачами.

В рамках настоящей работы на основе непрерывного ряда инструментальных наблюдений ЮНЦ РАН за уровнем в дельте Дона (гидрологические посты «Кагальник» (47°04,675' с.ш. 39°18,247' в.д.) и «Донской» (47°06,616' с.ш. 39°18,712' в.д.), доступ по ссылке: meteo.ssc-ras.ru) выполнены определение и классификация сгонно-нагонных явлений в устье реки в период 2015–2017 гг., проведен статистический анализ основных характеристик сгонов и нагонов. Следует отметить, что подобный анализ (с различиями в методике

определения сгонов и нагонов) за период 2007–2010 гг. был выполнен в работе [Пономаренко и др., 2012].

Определение ситуаций нагона и сгона выполнено с использованием разработанной ранее классификации [Матишов, 2015а; Матишов, Бердников, 2015; Матишов, 2018] (табл. 1) с привязкой к Балтийской системе высот (БС).

Таблица 1

Классификация сгонно-нагонных явлений в дельте р. Дон

Название явления	Обозначение	Уровень по рейке г/п «Кагальник», см	Уровень в БС, м
Экстремальная низовка	Э_Н	>290	>1,19
Сильная низовка	С_Н	>250 и ≤290	>0,79 и ≤1,19
Умеренная низовка	У_Н	>220 и ≤250	>0,49 и ≤0,79
Обычная низовка	О_Н	>170 и ≤220	>-0,01 и ≤0,49
Нормальный уровень	Н_У	>141 и ≤170	>-0,3 и ≤–0,01
Обычная верховка	О_В	≥110 и <141	≥–0,61 и <-0,3
Сильная верховка	С_В	≥70 и <110	≥–1,01 и <–0,61
Экстремальная верховка	Э_В	<70	<–1,01

Типичная ситуация нагона формировалась на фоне пониженного атмосферного давления над уровнем моря (в большинстве случаев порядка 1000–1015 гПа, начало уменьшения давления отмечалось за 0–48 ч) и ветров западных румбов. При этом ветер менял направление на западную составляющую за 2–3 ч до начала развития явления. Падение давления составляло в среднем 12 гПа. Продолжительность нагонов (фаза подъема уровня) варьировала от 5 до 70 ч и в среднем составляла 19 ч; величина подъема уровня – от 25 до 213 см, в среднем 70 см, скорость 4–5 см/ч. Всего было выделено 158 ситуаций, отвечающих параметрам нагона («низовки»). Основные характеристики экстремальных нагонов в 2015–2017 гг. приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики экстремальных нагонов в 2015–2017 гг.

№	Дата, время (ч:мин)			Продолжит. подъема, ч	Продолжит. спада, ч	Нач. уровень, м БС	Макс. ур., м БС	Конеч. ур., м БС	Величина подъема уровня, см	Величина спада уровня, см	Скорость подъема уровня, см/ч	Сред. знач. давления, гПа	Направл. ветра	Скорость ветра, м/с		
	Начало нагона	Пик нагона	Конец нагона											сред.	макс.	мин.
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
1	16.04.2015 13:40	17.04.2015 2:50	18.04.2015 0:20	13,5	21,5	0,48	1,40	0,45	92	96	7	1015	ююз, юз, зюз, з	7,3	9	5

Продолжение табл. 2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
2	19.04.2015 8:40	20.04.2015 19:30	21.04.2015 12:30	35,2	17,0	–0,01	1,44	0,16	145	128	4	1005	юз, зюз, з, зсз	6,2	10	1
4	26.12.2015 3:00	27.12.2015 12:30	28.12.2015 15:40	33,5	27,2	–0,10	1,21	0,02	131	119	4	1003	ююз, юз, зюз	5,7	11	1
5	16.03.2016 14:50	19.03.2016 8:10	19.03.2016 23:40	65,3	33,5	–0,19	1,29	–0,26	148	155	2	1011	юз, зюз, з	5,7	10	3
6	19.03.2016 23:50	21.03.2016 4:20	21.03.2016 21:20	28,4	17,0	–0,25	1,51	0,11	177	141	6	1015	ююз, юз, зюз, з, сз, ссз	4,9	9	1
7	02.04.2016 0:10	02.04.2016 10:20	04.04.2016 7:50	10,2	45,5	0,55	1,31	0,12	76	120	8	1015	ююз, юз, зюз, зсз	7,6	12	5
8	22.04.2016 11:30	23.04.2016 3:40	23.04.2016 19:40	16,2	16,0	0,44	1,40	0,00	96	140	6	1008	ююз, юз, зюз	6,6	9	5
9	27.04.2016 9:30	28.04.2016 7:20	29.04.2016 7:30	21,8	24,2	–0,28	1,23	0,01	151	122	7	1028	юв, ююз, юз, зюз	6,2	11	1
10	03.12.2016 9:50	04.12.2016 1:20	04.12.2016 14:10	15,5	12,8	–0,62	1,51	0,16	213	135	14	1008	юв, ю, ююз, зюз, з	7,9	9	4
11	07.12.2016 19:00	09.12.2016 6:30	10.12.2016 20:40	36,5	38,2	–0,31	1,63	0,11	195	153	5	1028	ююз, юз, зюз, з	5,7	11	1
12	27.03.2017 5:10	28.03.2017 21:00	29.03.2017 14:00	39,8	17,0	–0,15	1,55	–0,04	170	159	4	1012	юз, зюз, з, зсз	6,7	12	0
13	22.06.2017 13:20	24.06.2017 10:30	25.06.2017 11:20	45,2	24,8	–0,12	1,28	–0,17	149	145	3	1012	ю, ююз, юз, зюз, з, зсз	3,9	10	0
14	28.10.2017 21:20	31.10.2017 6:30	01.11.2017 20:00	57,2	37,5	–0,28	1,59	0,32	180	127	3	1000	ююв, ю, ююз, юз, зюз, з	4,9	10	0
15	23.12.2017 19:20	24.12.2017 23:10	26.12.2017 13:30	27,8	38,3	–0,24	1,50	–0,28	171	177	6	1010	юз, зюз, з, зсз	4,4	12	0

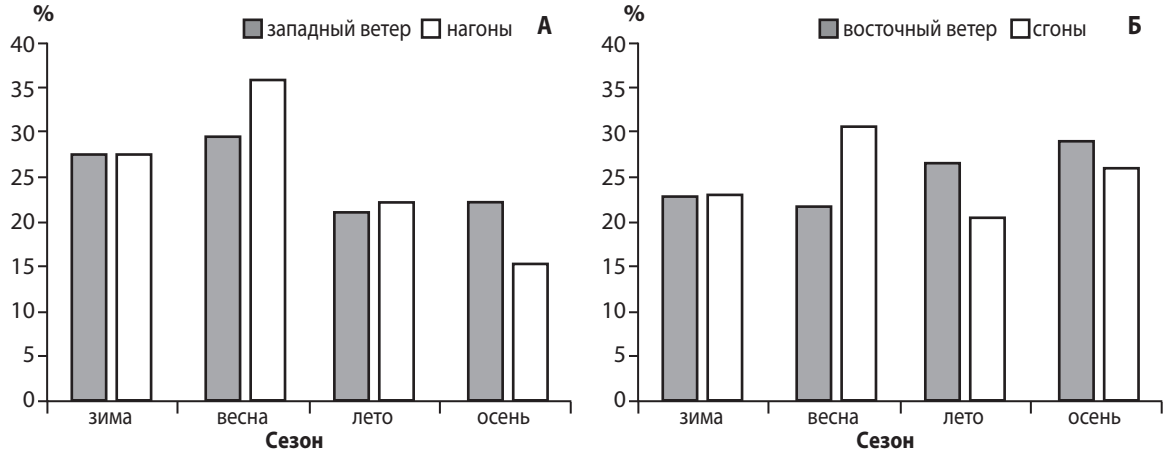


Рис. 1. Повторяемость по сезонам:
А – ветров западных румбов и нагонов, Б – ветров восточных румбов и сгонов

Повторяемость нагонов по сезонам года, как и повторяемость генерирующих их западных ветров, неодинакова (рис. 1А). Следует отметить, что доли нагонов и западных ветров в течение года практически совпадали зимой и летом. По-другому обстояло дело весной, когда доля весенних нагонов в течение года была больше доли западных ветров, что можно объяснить как влиянием стока весеннего половодья реки Дон (хотя и незначительного в период маловодья), так и увеличением вероятности развития нагонной волны. Последнему обстоятельству способствует усиление циклонической деятельности весной, когда фронтальные разделы наиболее выражены и разделяют воздушные массы со значительной амплитудой колебания температуры воздуха. Такие условия значительно усиливают ветровое поле и создают условия для возникновения сильных и экстремальных «низовок» (рис. 2А).

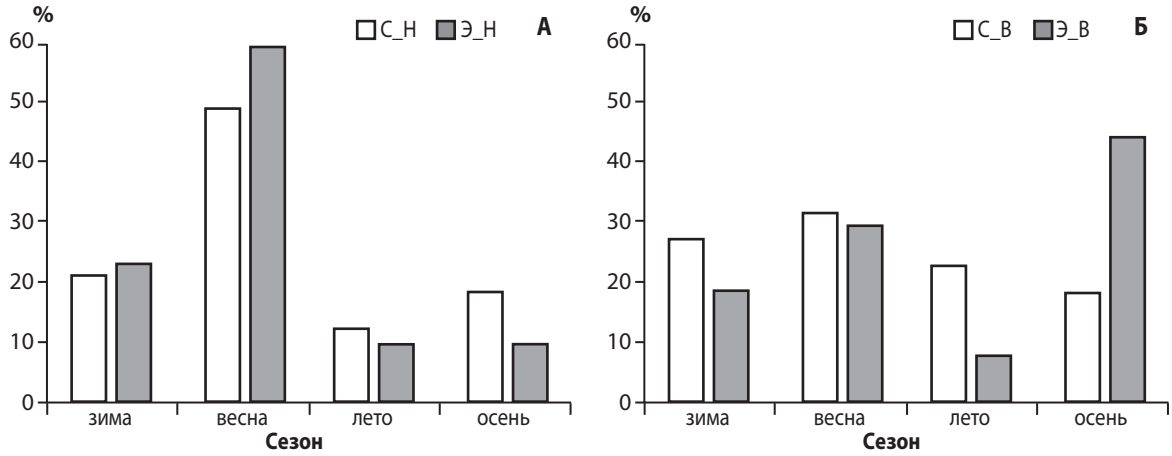


Рис. 2. Повторяемость:
А – сильной (С_Н) и экстремальной (Э_Н) низовки,
Б – сильной (С_В) и экстремальной верховки (Э_В)

Для осеннего периода характерно влияние антициклонов, в первую очередь Сибирского максимума, что способствует восточному переносу континентальных воздушных масс и формированию сгонов в районе устьевой области Дона, а вероятность развития нагонных явлений уменьшается.

Типичная ситуация сгона (падения уровня воды в реке) происходила, как правило, спустя 1 ч после начала действия ветра восточных румбов. Сгон формировался на фоне повышенного давления (порядка 1010–1020 гПа), причем давление обычно начинало увеличиваться за 3 ч до начала явления, его рост в этот период в среднем составлял 8 гПа. В рассматриваемый период 2015–2017 гг. продолжительность сгонов (фаза падения уровня) изменялась в пределах от 7 до 280 ч и в среднем составляла 40 ч. Величина падения уровня при сгоне варьировала в пределах 36–159 см при среднем значении 82 см, скорость – 3 см/ч.

Повторяемость сгонов в течение года имела схожую тенденцию с распределением по сезонам ветров восточных румбов, но были и различия (рис. 1Б), которые можно объяснить разной скоростью ветра (весной восточные ветры более сильные, чем летом). Доли восточных ветров и сгонов практически совпадали зимой и осенью.

Сгоны, в отличие от нагонов, характеризуются меньшей скоростью изменения уровня и большей продолжительностью. Экстремальными можно считать сгоны, достигшие

минимальных отметок уровня. К таким явлениям можно отнести редкий по повторяемости сгон, зафиксированный 14 октября 2016 г. Падение уровня началось в 6 ч 20 мин с отметки –0,06 м БС, уровень снижался в течение 281 ч 33 мин и к 0 ч 00 мин 26 октября 2016 г. достиг отметки –1,65 м БС. Средняя скорость падения уровня составляла 1,0 см/ч. Падение уровня проходило на фоне повышенного давления (1014–1033 гПа). Скорость северо-восточного и восточного ветра изменялась от 1 до 13 м/с. Повторяемость сильных и экстремальных верховок по сезонам представлена на рисунке 2Б.

Таким образом, в дельте Дона общее количество нагонов за год (50–60 ситуаций) превышало количество сгонов (22–24 ситуации) более чем в два раза. Повторяемость и интенсивность нагонов и сгонов в течение года различалась в зависимости от повторяемости, силы и продолжительности ветров, генерирующих эти ситуации. Наибольшее количество нагонов и их интенсивность характерны для весеннего, наименьшее – для осеннего времени года. Больше всего сильных и экстремальных сгонов наблюдалось осенью, а также весной, меньше всего – летом.

Результаты выполненного в настоящей работе статистического исследования сгонно-нагонных колебаний уровня воды в реке являются основой для последующего численного моделирования сгонно-нагонных явлений на Нижнем Дону, для оценки штормовых нагонов, риска наводнений в прибрежных районах и возможного материального и социального ущерба в низовьях Дона.

Публикация подготовлена в рамках реализации ПФИ Президиума РАН № 20 «Новые вызовы климатической системы Земли», № гр. проекта АААА-А18-118011990324-5, и при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-05-80010 «Исследование и прогноз опасных гидрометеорологических и геолого-геоморфологических процессов в районах функционирования стратегических объектов на Азово-Черноморском побережье (исторические и современные аспекты)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магрицкий Д.В.* Опасные гидрологические процессы в устьях рек России // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: мат-лы междунар. молодеж. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сентября 2018 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 49–56.
2. *Матишов Г.Г.* Керченский пролив и дельта Дона: безопасность коммуникаций и населения // Вестник Южного научного центра. 2015а. Т. 11. № 1. С. 6–15.
3. *Матишов Г.Г.* Случаи экстремальной адвекции соленых вод в дельту Дона и льда в Керченский пролив // Доклады Академии наук. 2015б. Т. 465. № 1. С. 99–103.
4. *Матишов Г.Г.* Дельта Дона в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: мат-лы междунар. молодеж. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сентября 2018 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 5–12.
5. *Матишов Г.Г., Бердников С.В.* Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 1. С. 111–118.

6. *Матишов Г.Г., Григоренко К.С., Московец А.Ю.* Механизмы осолонения Таганрогского залива в условиях экстремально низкого стока Дона // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 35–43.
7. *Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Шевердяев И.В.* Экстремальное наводнение в дельте Дона (23–24 марта 2013 г.) и факторы, его определяющие // Доклады Академии наук. 2014а. Т. 455. № 3. С. 342.
8. *Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Шевердяев И.В., Клещенков А.В., Кириллова Е.Э.* Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г.: хронология, условия формирования и последствия // Вестник Южного научного центра. 2014б. Т. 10. № 1. С. 17–24.
9. *Пономаренко Е.П., Сорокина В.В., Бирюков П.А.* Сгонно-нагонные явления в дельте реки Дон в период с 2007 по 2010 г. и их прогнозирование // Вестник южного научного центра. 2012. Т. 8. № 1. С. 28–37.
10. *Сорокина В.В., Ивлиева О.В., Лурье П.М.* Динамика стока на устьевых участках рек Дон и Кубань во второй половине XX века // Вестник Южного научного центра. 2006. Т. 2. № 2. С. 58–67.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕССЫ СЕДИМЕНТАЦИИ

А.Л. Чикин[1], Л.Г. Чикина[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
chikin1956@gmail.com

Мелководные водоемы характеризуются обширными плоскими участками дна, находящимися в пределах определенной глубины. Изменение донной морфологии сильно зависит от баланса между процессами взмучивания и оседания. С помощью математической модели ветровых течений, дополненной модулем переноса и седиментации взвешенного вещества, в работе [Клещенков и др., 2020] выявлены пространственно-временные особенности процесса осадконакопления взвешенных наносов на устьевом взморье Дона при разных ветровых ситуациях (сгонах, нагонах и слабом ветре переменных направлений). Сгонно-нагонные явления, вызванные ветровой нагрузкой, влияют на изменение глубины, что может приводить к образованию временно осушенных районов. При исследовании подобных процессов необходимо учитывать и такой фактор, как ветровое волнение. Взмучивание донного ила в подобных районах может происходить даже при небольшом волнении.

На основе балансовых расчетов с применением пространственно-детализированной и адаптированной к условиям Азовского моря математической модели переноса и седиментации взвешенного вещества в работе [Сорокина, Бердников, 2008] выявлены пространственно-временные особенности терригенного осадконакопления во второй половине XX в.

Процесс взмучивания, оседания и переноса взвешенного вещества описывается уравнением

$$\frac{\partial c_s}{\partial t}+\frac{\partial\left(uc_s\right)}{\partial x}+\frac{\partial\left(vc\right)c_s}{\partial y}=\varepsilon_{xy}\left(\frac{\partial^2 c_s}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 c_s}{\partial y^2}\right)+Q\,, \qquad (1)$$

где C – концентрация; u, v, w – компоненты скорости, w_s – скорость оседания взвеси, ε_{xy} и ε_z – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии соответственно; $Q\,(x, y, z, t)$ – источниковый член. К источникам можно отнести работу земснаряда, сваливание извлеченного грунта, размывание или осаждение взвеси течением, поступление твердого стока из рукавов Дона, а также волновое воздействие на дно водоема. Источниковый член рассматривается как разность между расходами размывания и оседания

$$Q=\frac{E_b-D_b}{H}\,.$$

Пусть донный материал состоит из k фракций. Тогда для каждой фракции расход D_{bk} оседающих частиц вычисляется по формуле

$$D_{bk} = \begin{cases} 0, & \tau_{bk} > \tau_{bk\max} \\ \alpha_k w_{sk} c_{km}, & \tau_{b\min} < \tau_{bk} \le \tau_{bk\max} \\ w_{sk} c_{km}, & \tau_{bk} \le \tau_{bk\min} \end{cases}, \quad (2)$$

где τ_{bk} – напряжение сдвига; $\tau_{bk\,\min}$ – критическое напряжение сдвига, ниже которого весь осадок откладывается на дне; $\tau_{bk\,\max}$ – критическое напряжение сдвига слоя, выше которого весь осадок остается в суспензии, что приводит к нулевой скорости осаждения; α_k– это коэффициент от 0 до 1, относящийся к напряжению сдвига и приблизительно равный

$$\alpha_k = 1 - (\tau_b - \tau_{b\,\min})/(\tau_{b\,\max} - \tau_{b\,\min}).$$

Для каждой фракции расход E_{bk} поднявшихся со дна частиц вычисляется по формуле

$$E_{bk} = M\,(\tau_{bk} - \tau_{ek})/\,\tau_{ek}. \quad (3)$$

Здесь τ_{ek} – критическое сдвиговое напряжение на размывание; M – экспериментальная постоянная, зависящая от свойств осадка.

В формулы (2) и (3) входит коэффициент сдвигового напряжения τ_{bk}, который в общем случае равен сумме $\tau_{bk} = \tau_{wk} + \tau_{ck}$, где τ_{wk} обусловливает действие ветровых волн, а τ_{ck} определяет действие течения в водоеме. В данной работе рассматривается поступление взвеси только за счет волнового воздействия, поэтому считаем $\tau_{bk} = \tau_{wk}$. В дальнейшем для простоты изложения будем приводить выкладки для одной фракции и индекс k уберем.

Напряжение сдвига на границе волны τ_w в каждой точке связано с орбитальной скоростью волны через коэффициент трения f_w:

$$\tau_w = \rho u^2_{*w} = 0{,}5 f_w \rho u^2_{*b},$$

где u_{*w}– волновая сдвиговая скорость, ρ – плотность потока, u_b– орбитальная скорость придонной волны.

Коэффициент трения f_w может быть вычислен по формуле

$$f_w = 0{,}04 \left(\frac{u_b T_p}{2\,\pi k_b} \right)^{-0{,}25},$$

где k_b – шероховатость донного осадка, T_p – существенный волновой период, определяемый по формуле

$$\frac{gT_p}{U_f} = 0.751 \left(\frac{gF}{U_f^2} \right)^{1/3}. \quad (4)$$

Здесь F – разгон волны; U_f – скорость трения, вычисляемая через скорость ветра на высоте 10 метров U_{10} и коэффициент аэродинамического сопротивления

$$C_D = \frac{U_f^2}{U_{10}^2} \cdot$$

Согласно $C_D = 0.001\ (1.1 + 0.035 U_{10})$, тогда $U_f = U_{10}\sqrt{C_D}$ или $U_f = U_{10}\sqrt{0.0011 + 0.000035\ U_{10}}$. Из формулы (4) следует формула для пересчета разгона волны

$$F = 2.361 \frac{g^2 T_p^3}{U_f} . \tag{5}$$

Для определения орбитальной скорости воспользуемся формулой

$$U_b = \frac{\pi H_p}{T_p \mathrm{sh}\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}, \tag{6}$$

где $L = Tp\sqrt{gd}$– длина волны, H_p – существенная высота волны.

$$\frac{gH_p}{U_f^2} = 0.0413 \left(\frac{gF}{U_f^2}\right)^{1/2} . \tag{7}$$

Как следует из (6) для случая мелкой воды, период волны не может превышать соотношения

$$T_p \approx 9.78 \left(\frac{d}{g}\right)^{1/2}, \tag{8}$$

где d – глубина водоема.

Порядок расчета высоты волны для мелкого водоема:

1) вычислить разгон волны исходя из расстояния от подветренного берега;
2) оценить период волны для заданного разгона волны и скорости ветра, используя формулы (4), (6) и (7);
3) проверить выполнение условия (8) по периоду и глубине, при превышении взять граничное значение;
4) в случае работы с граничным значением периода волны пересчитать разгон волны, соответствующий генерации волн с таким периодом, по формуле (5);
5) рассчитать высоту в соответствии с новым значением разгона волны по формуле (7).

После этого рассчитываются орбитальная скорость u_b , коэффициент трения f_w и напряжение сдвига τ_w.

Проведены модельные расчеты при типичных для Таганрогского залива ветровых ситуациях, когда дуют ветра восточного или западного направлений. Как и предполагалось, наибольшее напряжение сдвига, а следовательно и наибольшее взмучивание, наблюдалось у наветренного берега, а также в наиболее мелких районах.

При действии ветров и восточного, и западного направлений наибольшие сдвиговые напряжения проявляются в мелководных районах устьевого взморья. Но при действии северо-восточных ветров сдвиговые напряжения проявляются еще и у южного берега залива, а при действии юго-западных ветров – у северного берега.

Публикация подготовлена в части постановки задачи в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А18-118122790121-5, в части разработки методов численного моделирования в рамках научного проекта РФФИ 18-05-80010 «Исследование и прогноз опасных гидрометеорологических и геолого-геоморфологических процессов в районах функционирования стратегических объектов на Азово-Черноморском побережье (исторические и современные аспекты)». Расчеты выполнены на кластере ЦКП ЮФУ «Высокопроизводительные вычисления».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клещенков А.В., Сорокина В.В., Чикин А.Л., Чикина Л.Г.* Моделирование процесса поступления стока речных наносов Дона в Таганрогский залив Азовского моря // Математическое моделирование. 2020. Т. 32. № 3. С. 47–60. http://mi.mathnet.ru/mm4162 https://doi.org/10.20948/mm-2020-03-03.
2. *Сорокина В.В., Бердников С.В.* Математическое моделирование терригенного осадконакопления в Азовском море // Океанология. 2008. Т. 48. Т. 3. С. 456–466.

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА В 2019–2020 гг.

И.В. Шевердяев[1, 2], А.В. Клещенков[2], С.А. Мисиров[2]

[1]Сочинский научный центр РАН, г. Сочи
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
Ig71089@yandex.ru

На реках Северо-Западного Кавказа, охватывающего водосборы Черноморского побережья Краснодарского края между Анапой и Туапсе и левых притоков Кубани, впадающих ниже Краснодарского водохранилища, дождевые паводки настолько часты и естественны, что определяют годовой режим стока. Относительное низкогорье, связанное с этим отсутствие оледенения и небольшое снегонакопление в холодный период, при этом сложное орографическое строение региона вкупе с примыканием к морю как источнику влагонасыщенных воздушных масс способствуют частому выпадению интенсивных осадков. Небольшие размеры водосборов, их сложное строение приводят к тому, что прогнозирование дождевых паводков затруднено: они формируются и достигают до моря или Кубани в течение нескольких часов, при этом конкретный водосбор, на котором они сформируются, определить практически невозможно. Однако сформированный паводок может оказаться такой силы, что будет нанесен большой материальный ущерб, возможны человеческие жертвы.

Наиболее сильные паводки в XXI в. в регионе произошли в июле 2002 г. и в июле 2012 г. Паводок 2012 г. отличался не только масштабами материального ущерба, но и повышенным вниманием научного сообщества. Он стал одним из самых хорошо изученных паводков в регионе: был выпущен отчет Росгидромета [1], в котором рассматривалось развитие паводка, были выпущены монографии и статьи [2–5] специалистами Института водных проблем РАН, Института географии РАН, МГУ, ЮНЦ РАН. В них особое внимание уделялось недостатку сети наблюдений за осадками и уровнями на малых реках (реках Черноморского побережья Кавказа и левых притоков Кубани, впадающих ниже Краснодарского водохранилища).

С 2013 г. в Краснодарском крае развивается автоматическая система мониторинга паводковой ситуации (АС МПСКК) [6], которая состоит из сети автоматических уровнемеров, фиксирующих наблюдения с дискретностью 10 минут на реках Западного Кавказа, в том числе 69 уровнемеров установлены на реках Северо-Западного Кавказа. Высокая дискретность наблюдений позволяет фиксировать паводковые случаи, развивавшиеся всего несколько часов на малых реках, которые не охвачены системой Росгидромета. Накопленные с 2013 г. наблюдения за уровнем представляют интерес для определения паводковых случаев и могут быть интепретированы в наблюдения за расходом воды при установке зависимости уровень – расход для каждого уровнемера. В ноябре 2019 г. и феврале 2020 г. были проведены экспедиционные исследования ЮНЦ РАН на 69 уровнемерах (рис. 1).

В ходе полевых исследований проводились следующие виды работ:

- разбивка и нивелирование морфометрических створов, которые необходимы для дальнейшего определения площадей живого сечения водотока и построения эпюр распределения максимального расхода в зависимости от ширины потока. Расположение морфостворов производилось около уровнемеров – либо, если АГК находился на мосту, по оси мостового перехода с верховой и низовой его стороны;
- измерение расходов воды в русле для определения скоростей течения и распределения расчетного расхода воды;
- исследование распределения глубин на участках установки уровнемеров;
- верификация продольных уклонов, вычисленных по крупномасштабным картам Генштаба;
- создание ситуационных планов, сферических панорам и фотофиксация для дальнейшего определения коэффициента шероховатости русел и пойм в пределах морфостворов.

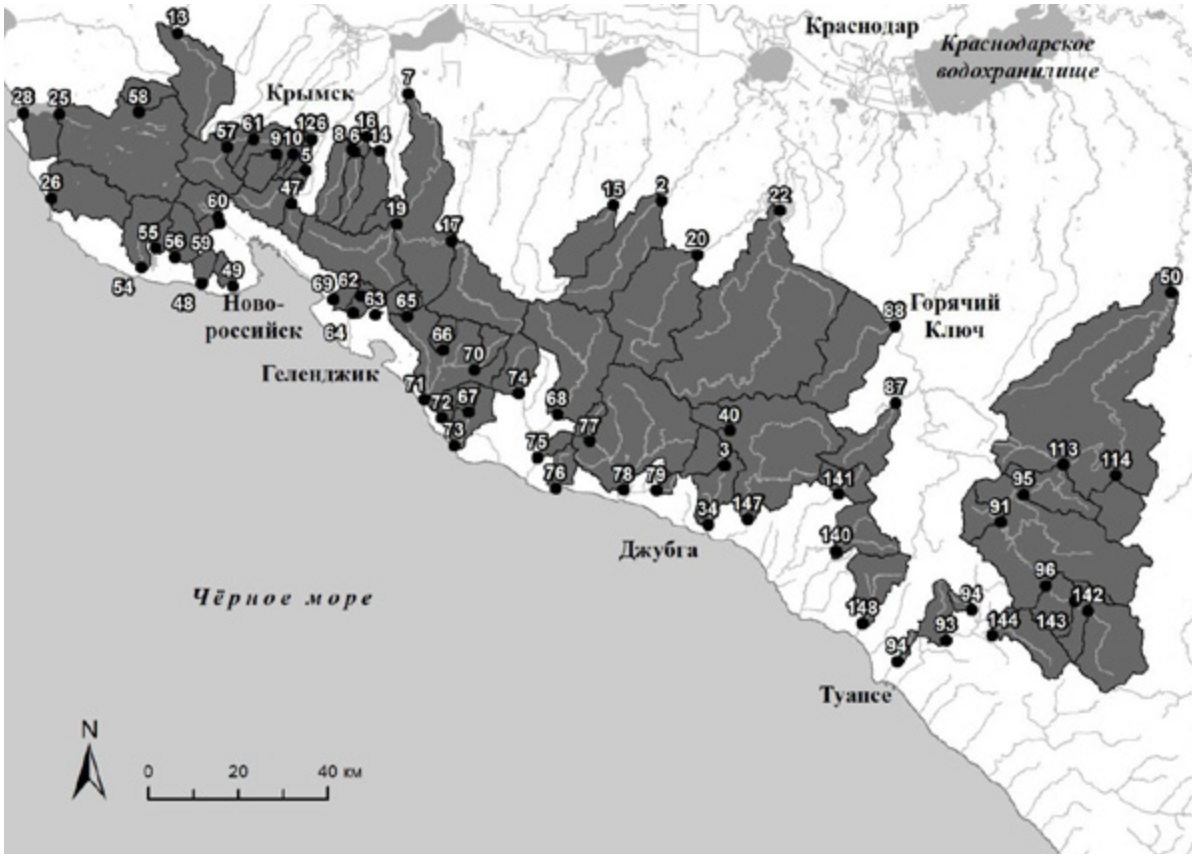


Рис. 1. Расположение уровнемеров и их водосборы

Данные, полученные в ходе полевых исследований и прошедшие камеральную обработку, в дальнейшем использовались для расчета суммарного расхода воды и построения кривых уровень – расход.

Расход рассчитывался по формуле Мэннинга: учитывая простоту и удовлетворительные результаты, которые это уравнение дает для практического применения, оно стало наиболее широко используемым из всех уравнений равномерного течения для расчетов потока

в открытых каналах. Уравнение Мэннинга в виде (1) обычно используется для вычисления разряда в естественных каналах [7]:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) AR^{2/3} S_e^{1/2}, \quad (1)$$

где Q – расход, м^3/с; A – площадь поперечного сечения канала; R – гидравлический радиус (A/P, где P – смоченный периметр); S_e – градиент энергии; n – коэффициент шероховатости.

Для определения коэффициентов шероховатости созданы специальные таблицы, в которых приведены описания русел и пойм и соответствующие им значения коэффициентов шероховатости (одного или двух-трех) [8]. В настоящее время опубликовано около 20 таблиц для определения коэффициентов шероховатости. Однако более половины из них предназначены для расчетов потоков в различных искусственных сооружениях (трубопроводах, лотках, каналах и др.) и не могут быть использованы при расчетах потоков в речных руслах. Для расчетов последних в настоящее время используются только 4–5 таблиц, в частности таблицы М.Ф. Срибного и И.Ф. Карасева [9], В.Т. Чоу [10], Павловского [11]. В данной работе для определения коэффициентов шероховатости использовались все вышеперечисленные таблицы, а также методы и подходы, изложенные в отчете о научных исследованиях по определению шероховатости для естественных и искусственных каналов в Центральной Аризоне [12], Руководстве по выбору коэффициентов шероховатости для естественных каналов и пойм [13], Руководстве Геологической службы США «Шероховатость. Характеристики естественных каналов» [14].

Полученные в результате полевых исследований поперечные профили речных долин разделялись на элементарные трапеции по точкам перегиба. Для каждой выделенной трапеции рассчитывались A и P для каждого шага уровня через 1 см. После суммирования значений A и P для каждого уровня поперечного профиля проводились расчеты по формуле (1) значений расхода воды для каждого уровня поперечного профиля. Полученная зависимость уровень – расход позволяет для каждого уровнемера преобразовать накопленный архив наблюдений за уровнем в расходы для дальнейшего анализа паводковых процессов в 2013–2020 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-60028.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Георгиевский В.Ю., Ткаченко Ю.Ю.* Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6–7 июля 2012 г. и его причины: отчет. [Б. м.], 2012. 42 с.
2. Предотвращение катастрофических паводков и обеспечение безопасности Крымского района Краснодарского края / под ред. В.И. Данилова-Данильяна и М.В. Болгова. [Б. м.], 2013; Болгов М.В., Коробкина Е.А. Реконструкция дождевого паводка на реке Адагум на основе математических моделей формирования стока // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 3. С. 87–102.
3. *Котляков В.М. и др.* Наводнение 6–7 июля 2012 года в городе Крымске // Изв. РАН. Сер. геогр. 2012. № 6. С. 80–88.
4. *Алексеевский Н.И. и др.* Численное гидродинамическое моделирование наводнения в г. Крымске 6–7 июля 2012 г. // Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 29–35.

5. *Матишов Г.Г., Клещенков А.В.* Кубанский паводковый кризис. Климат, геоморфология, прогноз. Крымск, июль 2012 г. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 128 с.
6. Мониторинг Эмерсит. URL: www.emercit.com/newmap (дата обращения: 14.04.2020).
7. *Phillips J.V., Tadayon S.* Selection of Manning's roughness coefficient for natural and constructed vegetated and non-vegetated channels, and vegetation maintenance plan guidelines for vegetated channels in central Arizona // United States Geological Survey Scientific Investigations Report. 2006. No. 2006-5108. 41 p.
8. *Arcement G.J., Schneider Jr., Schneider V.R.* Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains // United States Geological Survey Water-supply Paper 2339. USA, DC, Washington: US Government Printing Office, 1989. 62 p.
9. *Карасев И.Ф.* Речная гидрометрия и учет водных ресурсов. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 310 с.
10. *Чоу В.Т.* Гидравлика открытых каналов. М.: Стройиздат, 1969. 462 с.
11. *Спицын И.П., Соколова В.А.* Общая и речная гидравлика. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 358 с.
12. *Phillips J.V., Tadayon S.* Op. cit.
13. *Arcement G.J., Schneider Jr., Schneider V.R.* Op. cit.
14. *Barnes H.H.* Roughness Characteristics of Natural Channels // United States Geological Survey Water-supply Paper 1849. USA, DC, Washington: US Government Printing Office, 1967. 213 p.

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ GNSS-НАБЛЮДЕНИЙ В РАЙОНЕ БОЛЬШОГО СОЧИ В 2017–2018 гг.

В.Л. Шестопалов[1], В.А. Фоменко[2], Е.А. Глазырин[2], М.В. Карцева[2], В.А. Куликова[2], А.М. Бородако[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Акционерное общество «Южморгеология», г. Геленджик
valcpg@mail.ru, FomenkoVA@rusgeology.ru, eaglazyrin@mail.ru, KartsevaMV@rusgeology.ru, vkurganskaya@yandex.ru, andrej_borodako@mail.ru

Представлены результаты комплексной обработки входного потока многомерных рядов наблюдений компонент местоположения спутниковых геодинамических пунктов (СГП), использующих приемную аппаратуру GNSS (Global Navigation Satellite System).

Измерение тектонических движений выполнялось на 4 постоянно действующих СГП Сочи, Адлер, п. Лесное и п. Эсто-Садок, расположенных в районе Большого Сочи в пределах Туапсинско-Сочинской сейсмоактивной зоны. Среднее расстояние между СГП составляло 20 км. Приёмники всех СГП выполняли GNSS-измерения в период повышенной сейсмической активности в этом районе с января 2017 г. по февраль 2018 г. В процессе суточных фазовых измерений с периодом 30 с и последующей обработки этих данных пакетом программ GAMIT (V 10.7) [Herring et al., 2018] для каждого СГП были получены временные ряды компонент вектора местоположения с точностью 3–6 мм в горизонтальной плоскости и 6–12 мм по вертикали в международной координатной системе ITRF2014.

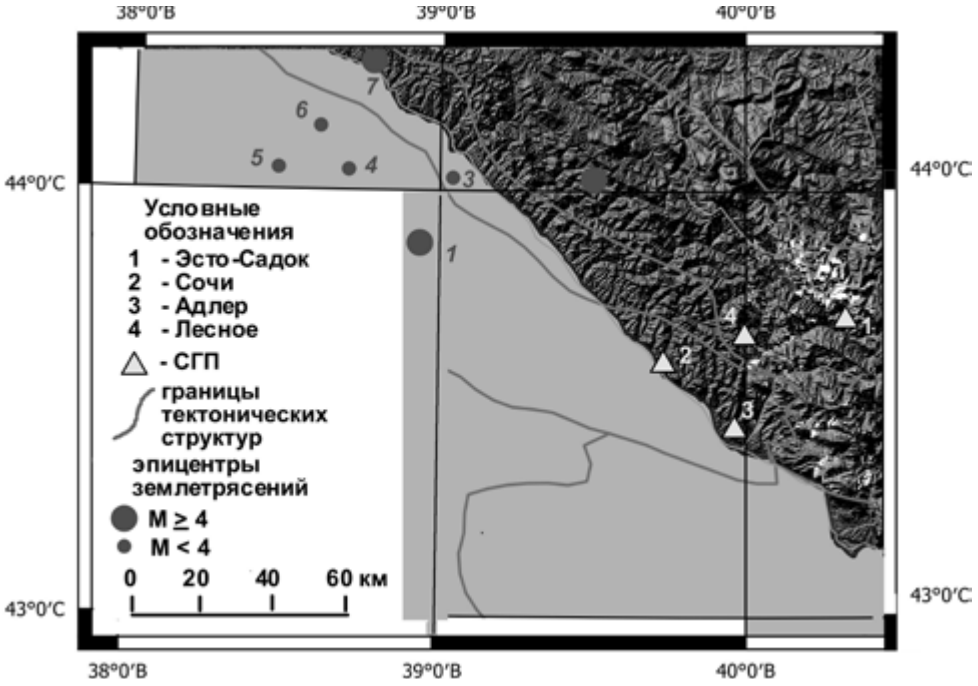


Рис. 1. Сеть СГП и сейсмичность в районе Большого Сочи в 2017 и 2018 гг. (цифрами представлены номера землетрясений с характеристиками в таблице 1)

Ранее в работе [Бабешко и др., 2019] была показана связь геодинамических аномалий движения СГП с сейсмическим режимом этой области в 2017 и 2018 гг. Радиус зоны эффективного проявления деформационных предвестников, так называемый «радиус деформации», R, можно оценить из выражения [Dobrovolsky et al., 1979]:

$$R = 10^{0,43M},$$

где M – магнитуда и R – «радиус деформации» в км.

Для землетрясения № 2 (М 4,5), R = 86 км и охватывает расположение СГП 1–4 (рис. 1).

Таблица 1

Характеристики землетрясений в районе Большого Сочи в 2017 и 2018 гг.

№ п/п	Дата	Координаты эпицентра, град.		Глубина очага, км	M
		Широта	Долгота		
1	30.04.2017	43,82 N	38,96 E	10	4,0
2	28.09.2017	44,06 N	39,48 E	10	4.5
3	01.05.2017	44,09 N	39,05 E	10	3,7
4	26.01.2018	44,10 N	38,71 E	10	3,9
5	28.01.2018	44,09 N	38,67 E	10	3,5
6	26.01.2018	44,16 N	38,67 E	10	3,9
7	26.01.2018	44,26 N	38,73 E	10	4,0

Представим входной поток данных в виде m-мерного векторного временного ряда $Y^{(i)}$, состоящего из m скалярных временных рядов, каждый из которых состоит из приращений координат пространственно-разнесенных СГП:

$$Y^{(i)} = (Y^{(i)},..., Y_m^{(i)})^T, \; i = 1,..., N \; ,$$

где N – длина каждого m-го ряда наблюдений.

В скользящем временном окне с длиной в L = 60 суток, смещением ΔL = 1 сутки и для момента времени τ, соответствующему правому концу временного окна, вычислим спектральную матрицу $\mathbf{P}_{xx}(f)$. Далее находим максимальное первое собственное число $\lambda_1(f, \tau)$ методом главных компонент в частотно-временной области по методике [Бабешко и др., 2020]. Время τ выражено в днях в году, частота f – в циклах в день. Собственное число $\lambda_1(f, \tau)$ является формальным интегральным признаком напряженно-деформированного состояния геологической среды для момента времени τ.

В работе [Бабешко и др., 2020] высота в исходные данные не включалась по причине трехкратного увеличения уровня помех по сравнению с горизонтальными компонентами. Некоторые зарубежные исследователи также рекомендовали не включать высоту в анализ тектонических движений [Dermanis, Kotsakis, 2005]. Для выяснения вклада высоты в общий процесс синхронизации движения СГП была исследована эволюция $\lambda_1(f, \tau)$ спектральной матрицы $\mathbf{P}_{xx}(f)$ с учетом только горизонтальных составляющих для 4 СГП (рис. 2).

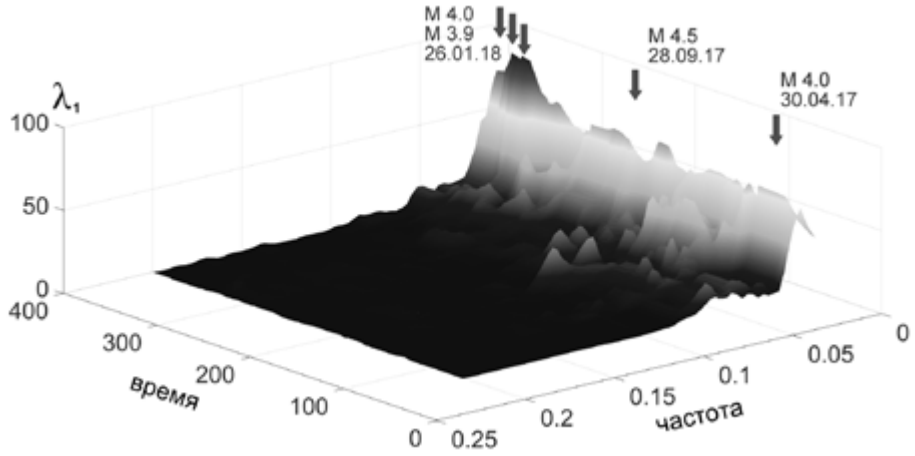


Рис. 2. Эволюция первого собственного числа $\lambda_1(f, \tau)$ спектральной матрицы $P_{xx}(f)$ в районе Большого Сочи в 2017–2018 гг. Время выражено в днях в году, частота – в циклах в день. Входные данные – приращение широты и долготы для каждой из 4 СГП (m = 8)

График эволюции $\lambda_1(f, \tau)$ для входного потока данных, представляющего собой суточные измерения всех трех компонент пространственного местоположения 4 СГП в исследуемый период, показан на рисунке 3, (m = 12). Предполагалось, что включение вариаций высоты даст более полную информацию для комплексного анализа движения СГП.

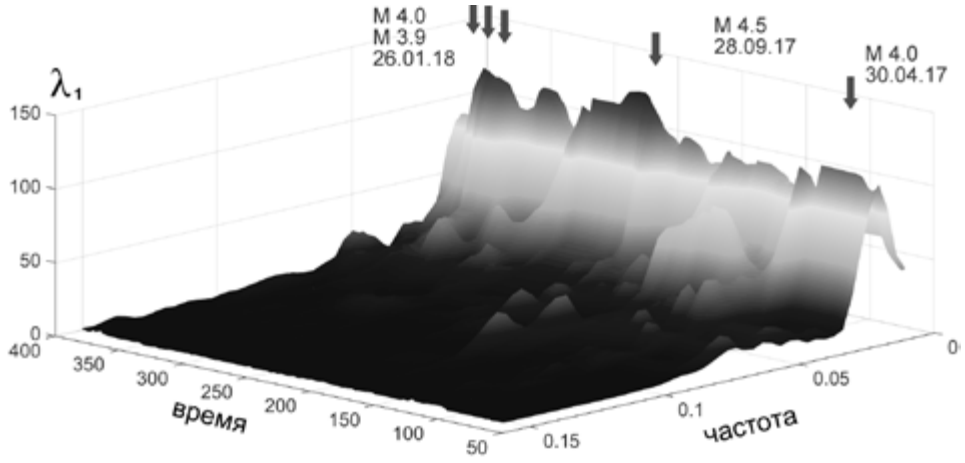


Рис. 3. Эволюция первого собственного числа $\lambda_1(f, \tau)$ спектральной матрицы $P_{xx}(f)$ в районе Большого Сочи в 2017–2018 гг. Время выражено в днях в году, частота – в циклах в день. Входные данные – приращение высоты, широты и долготы для каждой из 4 СГП (m = 12)

Анализ рисунка 2 показывает заметный рост согласованного движения СГП в декабре 2017 г. и январе 2018 г., завершившийся триплетом землетрясений 26.01.2018 на шельфе Чёрного моря в 22 км к западу от г. Туапсе с магнитудами M = 4,0 и M = 3,9 (рис. 2). Анализ рисунка 3 показывает три заметных максимума вариаций $\lambda_1(f, \tau)$ в низкочастотной области.

Первый локальный максимум $\lambda_1(f, \tau)$ предшествовал сейсмособытию 30.04.2017 в Чёрном море в 30 км к юго-западу от г. Туапсе (M = 4,0). Следующий максимум на этом же графике совпадает по времени с землетрясением вблизи п. Лазаревский 28.09.2017 с магнитудой 4,5.

После спада напряженности в земной коре в октябре – ноябре наблюдался ее рост в последние дни 2017 г. и в начале 2018 г. На рисунке 3 эти процессы в рассматриваемый период отмечены локальными максимумами величины$\lambda_1(f, \tau)$. Эволюция $\lambda_1(f, \tau)$ на рисунке 2 с учетом только горизонтальных компонент не указывает на рост согласованного горизонтального движения СГП для события № 1 и небольшой локальный максимум перед наиболее сильным событием № 2 (табл. 1). На рисунке 3, отображающем эволюцию $\lambda_1(f, \tau)$ для трех компонент движения СГП, повышенные значения $\lambda_1(f, \tau)$ соответствуют временным интервалам синхронизации общего движения СГП для всех трех периодов активизации сейсмической активности.

Предложен подход к оценке напряженно-деформированного состояния геологической среды на основе выделения синхронизации результатов измерений компонентов пространственного положения СГП с указанием частотных полос и временных интервалов, когда наблюдается коллективное поведение пунктов. Указанный подход использует спектральные методы многомерной статистики и реализован в виде алгоритма и программы на основе численно-устойчивых процедур.

Алгоритм оценки эволюции максимального собственного числа спектральной матрицы применялся к многомерным рядам наблюдений четырех СГП в районе Большого Сочи. Частотно-временная зависимость $\lambda_1(f, \tau)$, выступающая в качестве интегрального критерия напряженности земной коры в исследуемом районе, наиболее полно отражает сейсмический режим исследуемой территории при использовании полного набора горизонтальных и вертикальных компонент положения СГП.

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания Южного научного центра РАН, № госрегистрации проекта 01201354241, при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80008 «Опасные явления» и контракта АО «Южморгеология» № 01/2018-04-ЮРЦ (03) «Ведение наблюдений за геофизическими и газогидрогеохимическими полями в пределах Азовской, Черноморской и Каспийской прибрежных зон Северо-Кавказского сейсмоактивного региона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабешко В.А., Калинчук В.В., Шестопалов В.Л.* Интегральный признак напряженно-деформированного состояния среды по данным GNSS-наблюдений // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 1. С. 3–10.
2. *Бабешко В.А., Шестопалов В.Л., Глазырин Е.А., Шереметьев В.М.* Исследование сейсмической активности района Большого Сочи методами спутниковой геодинамики // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 3–11. DOI: 10.7868/S25000640190101.
3. *Любушин А.А. (мл.).* Классификация состояний низкочастотных систем геофизического мониторинга // Физика Земли. 1994. № 7–8. С. 135–141.
4. *Dermanis A., Kotsakis Ch.* Estimating Crustal Deformation Parameters from Geodetic Data. Review of Existing Methodologies. Open Problems and New Challenges // International Association of Geodesy Symposia. 2005. 131. P. 7–18.
5. *Dobrovolsky I.P., Zubkov S.I., Miachkin V.I.* Estimation of the size of earthquake preparation zones // PAGEOPH. 1979. 117. P. 1025–1044. https://doi.org/10.1007/BF00876083.
6. *Herring T.A., King R.W., Floyd M.A., McClusky S.C.* GAMIT Reference Manual Release 10.7. Massachusetts Institute of Technology. 2018. 168 p. URL: http://geoweb.mit.edu/gg/GAMIT_Ref.pdf.

АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ, СТОКА КРУПНЫХ РЕК И ОЗЕР В ОКЕАН С УЧЕТОМ ПАЛЕОКЛИМАТА И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В БАССЕЙНАХ МОРЕЙ РОССИИ

ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ В 2018–2019 гг. ПО ДАННЫМ СУДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НИС «ДЕНЕБ»

К.С. Григоренко[1], Е.П. Олейников[1]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
euginol@mail.ru

В отличие от глубокого Черного моря, Азовское не имеет установившихся течений [Гершанович и др., 1991]. На элементы локальной термохалинной структуры доминирующее влияние оказывает ветровой перенос вод и перемешивание [Матишов, Матишов, 2009]. Летом при штилевой погоде в центральной части моря могут наблюдаться заморы и сероводородное заражение, но при усилении ветра за считанные минуты водная толща перемешивается и становится визуально заметно взмучивание донных осадков.

С середины XX в. наблюдалось постепенное снижение стока Дона [Матишов, 2016], которое к рубежу 2010-х гг. достигло угрожающих отметок, соленость Азовского моря почти сравнялась с соленостью поверхности Черного моря. Половодье Дона 2018 г. стало аномальным, из-за чего годовой сток достиг величины 23,5 км^3, тогда как в маловодный 2015 г. сток составил только 11,2 км^3.

Для изучения влияния изменчивости режима солености Азовского моря в 2018 г. на борту НИС «Денеб» было проведено три декадных съемки термохалинной структуры: в мае – июне, августе и ноябре (рис. 1) [Григоренко, 2019]. В 2018 г. выполнено: 29 мая – 4 июня – 40 станций, 21–30 августа – 42 станции и с 15 ноября по 2 декабря – 52 станции экологического мониторинга в акватории Азовского моря; в 2019 г. – 2 съемки: 12–24 апреля (43 станции) и 16–30 июля (69 станций).

Измерения выполнялись CTD-зондом SBE-19, термосалинографом SBE-21, доплеровскими измерителями течений Aanderaa RCM 9LW и Workhorse Sentinel ADCP. Обработка данных производилась с помощью программного обеспечения фирмы-производителя зонда Sea-BirdElectronics, Aanderaa и WHS.

В придонных слоях Темрюкского залива в 2019 г. наблюдался заток вод из Черного моря. На станциях, выполненных в районе устья Кубани, отмечена вертикальная стратификация

солености: поверхностный слой распреснен до 12,7 ‰, тогда как придонный заполнен водами с соленостью 15–16 ‰, инструментально зафиксированный максимум 16,3 ‰ в Темрюкском заливе и 17,1‰ в районе северо-западной оконечности Таманского полуострова.

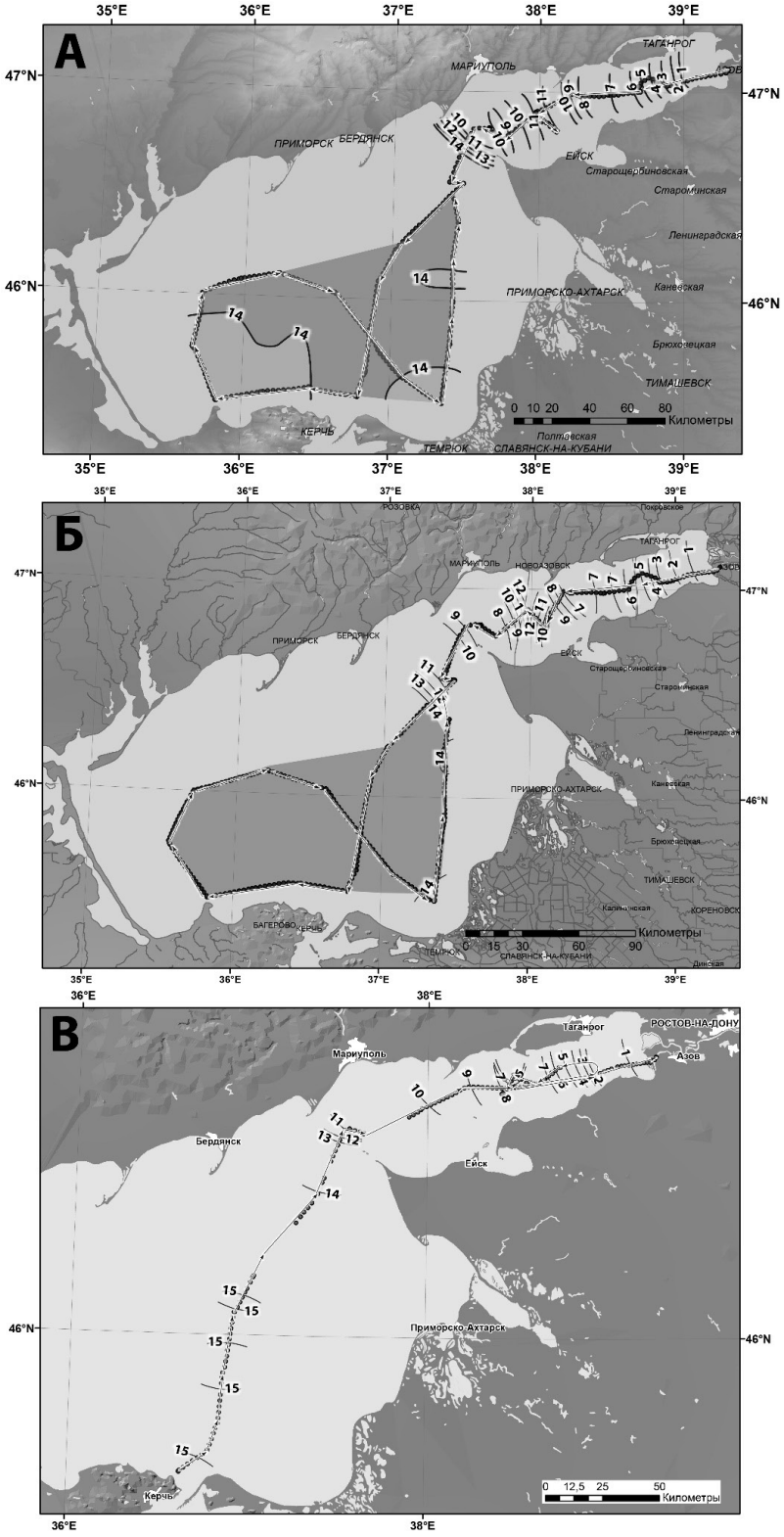


Рис. 1. Соленость поверхности Азовского моря (в ‰):
29 мая – 4 июня (А), 21–30 августа (Б), 15 ноября – 2 декабря (В) 2018 г.

Таганрогский, Темрюкский заливы и Керченский пролив являются зоной смешения вод с разной соленостью. Таганрогский залив обладает наибольшей протяженностью и изменчивостью масштабов и градиентов фронтальных зон температуры и солености. За восемнадцать лет наблюдений отмечена деградация элементов термохалинной структуры вод Таганрогского залива: если раньше повсеместно встречались струи, вихри, затоки и линзы вод разного происхождения, то сейчас чаще всего наблюдаются две фронтальные зоны [Григоренко, 2019] – в восточной, приустьевой части залива (отделяющая перемешанные воды залива от пресного стока Дона) и в западной (между перемешанными водами и солеными водами Азовского моря).

Наблюдения за изменением солености в аномальный год (2018) с точки зрения водности Дона показали, что в периоды высокого стока (1700 м^3/с в ст. Раздорской) в Таганрогском заливе формируется приустьевой фронт солености, расположенный в восточной части, центральная часть заполняется перемешанными водами Дона и Азовского моря с вихреобразными участками пониженной и повышенной солености, в западной части залива формируется второй фронт солености, разделяющий перемешанные воды залива и соленые воды Азовского моря. При понижении пресного стока (менее 500 м^3/с в ст. Раздорской) в первую очередь разрушается второй фронт солености, при этом соленость плавно понижается вплоть до приустьевого фронта, область, заполненная перемешанными водами, сокращается, пока не формируется одноступенчатая структура пресных речных вод одного мощного, не обязательно с высокими градиентами, но большой протяженности фронта солености и области распространения азовоморских вод, площадь которой (по состоянию на 2019 г.) увеличивается.

Серия проведенных измерений показывает исключительную метеозависимость структуры течений через Керченский пролив, величины и скорости могут варьироваться в очень высоких пределах. Оценочные значения притоков вод Черного моря могут быть в 30 раз больше, чем средние расходы Дона (400–500 м^3/с) при южных ветрах, но структура вод Керченского пролива быстро перестраивается при изменении метеоусловий. Измерения показали, что при усилении южного ветра практически весь измерительный створ (шириной 17 км) могут заполнять воды северной составляющей течений со скоростями до 30 см/с, однако при северных ветрах обратный перенос вод в Черное море может быть в 5–6 раз выше, нежели в Азовское.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН №№АААА-А18-118122790121-5, а также проекта РФФИ №18-29-05078 мк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гершанович Д.Е., Гоптарев Н.П., Затучная Б.М., Симонов А.И.* (ред.). Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. СПб.: Гидрометеоздат, 1991. 236 с.
2. *Григоренко К.С., Олейников Е.П., Григоренко Е.Г.* Влияние половодья Дона 2018 г. на термохалинную структуру Азовского моря // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 63–69.
3. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г.* Новые представления циркуляции вод Азовского моря // 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. 196–203.
4. *Матишов Г.Г.* Климат, водные ресурсы и реконструкция гидротехнических сооружений с учетом интересов населения, рыболовства и сельского хозяйства, судоходства и энергетики. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. 64 с.

ОБ АДАПТАЦИИ ВОДОРОСЛЕЙ К ТЕМПЕРАТУРЕ И СОЛЕНОСТИ. МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В.Г. Ильичев

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
vitaly369@yandex.ru

Возможные вариации климата вызовут деформацию многих факторов морской среды (температуры, солености и др.). В свою очередь это породит не только изменение продуктивности, но и микроэволюционные преобразования популяций. Указанные события сначала произойдут у одноклеточных водорослей, которые распространятся и на более высокие трофические уровни. Для прогнозов на долгосрочную перспективу требуются эффективные эколого-эволюционные компьютерные модели.

Структура модели. Традиционно основу таких моделей представляет описание отбора в конкурентных сообществах, состоящих из большого числа (около 1000 и более) близких популяций (= вектор переменных X) с разными параметрами (= вектор α). Формально в рамках дискретной схемы (с шагом 1 сутки) реализуется следующая динамика:

$$X_{t+1} = F\,(X_t,\, \alpha). \qquad (1)$$

В результате модельных расчетов выявляется доминирующая популяция, являющаяся носителем оптимального (в эволюционном смысле) параметра. В литературе встречаются и другие термины – *конкурентно-устойчивый* или *эволюционно-устойчивый* (*ЭУ-параметр*).

Разумеется, такие «*пассивные*» модели имеют высокую размерность и, соответственно, низкое быстродействие. Это не позволяет проводить серии прогнозов на эволюционно значимые времена.

Здесь принципиально новым оказывается использование «*активных*» схем, в которых изменяются не только переменные, но и параметры [Ильичев, 1992, 1996]:

$$X_{t+1} = F\,(X_t,\, \alpha_t), \qquad \alpha_{t+1} = \varepsilon \cdot Sel\,(X_t,\, \alpha_t), \qquad (2)$$

где *Sel* – оператор, производящий «правильную» селекцию параметров; положительная величина ε является скоростью микроэволюции. Разумеется, ε положительно и мало. Теперь расширенный вектор X включает в себя исходные популяции и лишь небольшое число их мутантов. Далее во втором уравнении схемы (2) реализована конкуренция в малом, а движение основного параметра направлено в сторону доминирующего (= *сильного*) мутанта. Если все мутанты оказываются слабыми, то производится новая генерация их параметров. В конечном счете основные параметры достигают финальных значений, которые далее уже не изменяются.

Здесь возникает проблема – насколько эти финальные значения зависят от выбранного количества мутантов. Так, самый простой путь реализации эколого-эволюционной модели с параметрами $\alpha^1,\ldots,\, \alpha^n$ заключается в задании семейства 2^n мутантов с параметрами $\alpha^k + \delta^k$ малых возмущений δ^k для всех k.

Адаптация водорослей к температуре. С помощью данной модели была решена задача о нахождении ЭУ-параметров (a, d) функции роста водорослей $R(a, d, T)$в зависимости от температуры среды (T). Пусть внутригодовая вариация T задается периодическим образом:

$$T_t = 14 + 10 \cdot \cos(2\pi t/365) + \zeta_t, \tag{3}$$

где ζ_t – стохастическая составляющая с нулевым средним и малой дисперсией; t – номер суток. Условно считаем, что такой термический режим «похож» на температурную кривую Таганрогского залива. А сам рост водорослей задается формулой

$$R(a, d, T) = (R_0/d) \cdot \left[1 - \left(\frac{T - a}{d}\right)^2\right], \tag{4}$$

где R_0– положительная константа. Разумеется, график R, как и функции T, представляет собой «колокольчик» с серединой в точке $T = a$ и шириной d. Чем меньше d, тем выше колокольчик. Более того, площади колокольчиков при разных параметрах примерно одинаковы. Это соответствует гипотезе Э. Пианки о скоростях роста для эволюционно зрелых популяций одного трофического уровня. В данной ситуации при поиске ЭУ-параметров (a^*, d^*) были использованы 4 мутанта. Расчеты проводились при разных стартах в модели (2). В подавляющем числе случаев финальными оказались малые окрестности трех точек:

$$Z_1 = (5,1), \quad Z_2 = (23,1), \quad Z_3 = (14,11). \tag{5}$$

Данные точки естественно назвать *сильными* ЭУ-параметрами, поскольку каждая из них имеет большую область притяжения. Имеются и другие (*слабые*) ЭУ-параметры с малыми областями притяжения, которые располагаются на отрезках Z_1Z_3 и Z_2Z_3.

Обсудим набор точек (5). Так, Z_1 и Z_2 соответствуют узкоспециализированным (стеногалинным) видам. Кроме того, их оптимальные температуры роста близки к экстремальным значениям (минимум и максимум) температурной кривой. Весьма правдоподобно считать – это диатомовые и синезеленые. А третья точка Z_3 характерна для широко специализированных (= эвригалинных) групп водорослей с оптимумом развития в середине (= точке перегиба) температурной кривой. Насколько распространены такие водоросли в Азовском море, не вполне ясно. Оказывается, они имеют конкурентное преимущество, когда стохастика в факторе (3) достаточно велика. По сути, эвригалинные виды представляют эволюционный резерв в фитопланктонном сообществе.

Данная закономерность (= гипотеза критических значений) о близости оптимума роста водорослей к критическим точкам температурной кривой может быть для ряда конкретных моделей строго обоснована.

«Супермутант» и минимальная модель. Обнаружено, что при задании другого количества мутантов указанная гипотеза остается в целом верной. Поэтому нельзя ли в целях повышения быстродействия модели обойтись лишь одним мутантом? Такой мутант должен быть «разнообразным», чтобы с его помощью можно было достичь любой возможной пары ЭУ-параметров. На примере предыдущей модели с двумя параметрами (a, d) и возмущениями (u, v) покажем эффективную его конструкцию. Обычно возмущения выбираются из некоторого прямоугольника:

$$П = \{\ (u, v):\ \ |u| \le K_1,\ \ |v| \le K_2\ \},$$

где K_1, K_2 – некоторые константы.

Построим в Π непрерывную замкнутую кривую (ρ), которая достаточно полно охватывает все его внутренние точки и без самопересечений (типа «кривой Пеано»). Используя малый шаг, начнем последовательно перемещаться по ρ. На каждой «остановке» – в точке (u, v) из ρ – задаем конкуренцию двух популяций: исходной $I(a, d)$ и мутанта $M(a + u, d + v)$. Если в результате численность мутанта становится существенно выше (в 10 раз) численности исходной, то изменяем исходные параметры в сторону параметров мутанта:

$$a \to (1 - \varepsilon) \cdot a + \varepsilon \cdot (a + u) \text{ и } d \to (1 - \varepsilon) \cdot d + \varepsilon \cdot (d + v). \quad (6)$$

Если же такой «*сильный*» мутант не образуется, то исходные параметры сохраняются, и далее переходим к следующей точке (u, v) из ρ.

В конечном счете находится точка (a^*, d^*), при которой уже не возникает сильных мутантов. Такая финальная пара является эволюционно устойчивой. Очевидно, эта конкретная схема поиска описывается в рамках общей конструкции (2).

Данная минимальная эколого-эволюционная модель протестирована на решении предыдущей задачи о температурной адаптации водорослей. Полученные результаты оказались вполне идентичны (5).

Одновременная адаптация водорослей к температуре и солености. Пусть теперь и соленость (S) среды изменяется периодическим образом. Здесь следует учесть, что кривые температуры и солености могут быть смещены (на угол φ) относительно друг друга. Формально соленость Таганрогского залива зададим соотношением

$$S_t = 7 + 3 \cdot \cos(2\pi t/365 - \varphi) + \xi_e, \quad (7)$$

где ξ_e– случайная величина с нулевым средним и малой дисперсией.

Полагаем, что $R(b, c, S)$– скорость роста водорослей от солености – задается аналогичной формулой вида (4). Соответственно, $[b–c, b + c]$ – интервал солевой толерантности данной популяции.

Пусть в среде управляющим фактором является соленость, тогда, согласно модельным расчетам, ЭУ-параметры (b^*, c^*) располагаются в малых окрестностях следующих точек:

$$(4,1), \quad (10,1), \quad (7,3) \quad (8)$$

Данный набор соответствует гипотезе критических значений.

Рассмотрим наиболее сложный случай, когда управляющими являются одновременно температура и соленость. Пусть поведение данных факторов описывается соотношениями (3) и (7). А вариация параметров «супермутанта» происходит в пространстве (a, b, d, c). Разумеется, здесь происходит адаптивное изменение всех указанных параметров. Выбор начальных параметров (a, b) производится из дискретной решетки $D = [4,24] \times [4,10]$ с шагом 2, а стартовые параметры (d, c) равны 2. Для краткости ограничимся изображением финальных пар (a^*, b^*).

Кажется, что множество таких ЭУ-параметров совсем невелико и является результатом попарного произведения компонент из двух наборов – (4, 14, 24) и (4, 7, 10). В действительности ситуация оказалась сложнее. Здесь ключевое значение имеет угол φ. Рассмотрим следующие три варианта расчетов:

$\varphi = 0$) – синхронное поведение факторов. Обнаружено, что все ЭУ-параметры лежат на «возрастающем» отрезке (BO), соединяющем точки (4,4) и (24,10). Они заполняют данный отрезок не полностью, а лишь на половину;

$\varphi = \pi$) – асинхронное поведение факторов. Здесь все ЭУ-параметры лежат на «убывающем» отрезке (*УО*) из точки (4,10) и (24,4);

$\varphi = \pi/2$) – промежуточный вариант из приведенных выше случаев.

Установлено, что множество всех ЭУ-параметров лежит на овале, вписанном в решетку *D*.

Обсудим данные результаты с точки зрения деформации угла φ на $I[0, \pi]$. Так, в крайних точках промежутка *I* множества ЭУ-параметров являются линейными структурами – отрезками. С наивной точки зрения представляется «вполне естественным», что в средней точке $\varphi = \pi/2$ множество ЭУ-параметров является полусуммой антисимметричных отрезков *ВО* и *УО*. Однако здесь возникает парадоксальная ситуация. А именно: итог зависит от способа осреднения – по вертикали или горизонтали. Поэтому наивный подход приводит к противоречивым построениям. Не удивительно, что промежуточным оказывается нелинейный объект (овал).

Полученные выше результаты могут быть использованы для усовершенствования методов восстановления палеоклимата по ископаемым древним водорослям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ильичев В.Г.* О технологии построения имитационных моделей экологических систем. Механизмы адаптации // Математическое моделирование. 1992. Т. 4. № 3. С. 11–19.
2. *Ильичев В.Г.* Дельта-функции и теория биологической конкуренции в переменной среде // Автоматика и телемеханика. 1996. № 11. С. 115–127.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИЙ КРИОБАНКОВ РЫБ ДЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

К.В. Ковалев, О.Б. Докина, Н.Д. Пронина

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Московская обл., пос. Рыбное
silur5@mail.ru

Острейшей проблемой охраны биоресурсов и современного рыбоводства является сохранение генетического разнообразия гидробионтов. Эта проблема актуальна как для редких и исчезающих видов рыб, так и для объектов аквакультуры. Достигнутые успехи в криоконсервации спермы рыб позволяют подойти к решению проблемы создания банков криоконсервированной спермы для использования в рыбоводстве [Цветкова и др., 2012; Пономарёва и др., 2016; Красильникова, 2019].

Необходимость создания системы криобанков гидробионтов в России диктуется целым рядом соображений. В России, как и в других странах, многие виды и популяции рыб и других гидробионтов находятся в угрожаемом состоянии или на грани исчезновения. Многие виды числятся в Красных книгах субъектов Российской Федерации или внесены в региональные списки редких и исчезающих видов и популяций. Многие виды и популяции рыб, ранее имевшие промысловое значение, находятся в деградированном состоянии, как, например, некоторые виды и популяции осетров, лососей, сиговых и карповых рыб: печорская семга, онежский лосось и другие популяции атлантического лосося, некоторые сиги на северо-западе России, белорыбица на Волге, азовская популяция белуги, байкальский осетр, сахалинский осетр, шип (уральская популяция), черноморская и каспийская популяции кумжи, сахалинский таймень, азово-черноморская шемая – и многие другие виды России и сопредельных стран. Практически исчез атлантический осетр, обитавший на обширных акваториях ряда стран Европы, персидский и колхидский осетры, лжелопатоносы.

При резком сокращении естественного воспроизводства биоресурсов, и более того, при возникновении опасности глобальной экологической катастрофы (а такие прогнозы появляются всё чаще и чаще) спасение генетического фонда животных и растений является стратегически важной задачей как для мирового сообщества, так и для Российской Федерации. Среди неотложных мероприятий, направленных на решение этой задачи, можно выделить формирование системы криобанков и накопление в них репрезентативных коллекций спермы и другого генетического материала. Это направление тесно увязывается с формированием живых генетических коллекций в существующих хозяйствах аквакультуры, однако криотехнологии позволяют решать задачу сохранения генетических ресурсов в сжатые сроки и обеспечивать, в отличие от живых коллекций, более высокую степень репрезентативности сохраняемого генетического материала.

Особенно велика роль криобанков в случае экологических и социальных катастроф. Именно поэтому работы по сбору и криоконсервации геномов гидробионтов должны

разворачиваться прежде всего в тех регионах России, где такая угроза существует. Также низкотемпературные генетические банки в хозяйствах аквакультуры будут способствовать совершенствованию уровня селекционно-племенной работы, сохранению редких пород и популяций от исчезновения или генетического обеднения.

В России, а ранее в Советском Союзе, предпринимались попытки организации криобанков (криохранилищ) рыб и других гидробионтов, например, региональные криобанки гидробионтов были созданы в Московской области, Санкт-Петербурге, Астрахани, Карелии, на Дальнем Востоке и Украине. Эти работы проводились в рамках научно-технической программы «Криобанк рыб 1999–2006 гг.» Национальной программы «Генетический криобанк гидробионтов» и других программ, в свое время разработанных Межведомственной ихтиологической комиссией (М.И.К.), осуществляющей ее финансирование, а также другими научно-исследовательскими институтами и организациями. Однако из-за резкого уменьшения финансирования эти работы были свернуты.

На данный момент сохранился и успешно функционирует криобанк Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), это самый крупный в Российской Федерации низкотемпературный генетический банк спермы рыб. Коллекция криобанка представлена 32 видами и 38 породами, среди которых виды, занесенные в Красную книгу (белуга, калуга, сахалинский осетр, амурский осетр, шип, севрюга, амур черный, буффало черный, кета сахалинская, белорыбица). Особую ценность в коллекции представляет криоконсервированная сперма осетровых рыб, состояние естественных популяций которых является катастрофическим. В криобанке находятся образцы, заложенные на хранение около 25 лет назад от самцов, пойманных в естественных водоемах. Общий объем спермы, хранящейся в криобанке, составляет 28849,18 мл, в том числе: осетровых – 15751,65 мл от 697 самцов, лососевых – 2192,32 мл от 540 самцов, карповых – 10459,99 мл от 1029 самцов, сиговых – 401,97 мл от 322 самцов, кефалевых – 43,25 мл от 26 самцов.

В криобанке Института биофизики клетки РАН также хранится коллекция криоконсервированной спермы рыб (частично дублирующая коллекцию криобанка ВНИИПРХ). Экспериментальный криобанк спермы рыб также сформирован в Южном научном центре Российской академии наук (совместно с Астраханским государственным техническим университетом).

Огромные территории нашей страны, включающие и морские акватории, большое биоразнообразие водных организмов, необходимость сохранения многих видов от уничтожения, развитие морской и пресноводной аквакультуры требуют создания системы криобанков (криохранилищ) и криослужбы. Исследовательские работы по разработке методов криоконсервации для спермы пресноводных, морских видов рыб и промысловых беспозвоночных необходимо сосредоточить в уже существующих криобанках, а также восстановить криохранилище в Центральной лаборатории по воспроизводству рыбных запасов ФГБУ «Главрыбвод». Необходимо предусмотреть создание для этой цели соответствующих научных групп (лабораторий) и криохранилищ в Волжско-Каспийском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Якутском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («ЯкутскНИРО»), Хабаровском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»), Полярном филиале ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Атлантическом филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), Азово-Черноморском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Тихоокеанском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), Тюменском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»).

Мониторинг сохранности криоконсервированной спермы в течение 30 лет показывает, что время хранения в криобанке не влияет на качество спермы. Использование дефрости-

рованной спермы позволяет достигать процента оплодотворения икры, сопоставимого с нативной спермой [Рекубратский, Ковалев, 2016; Пономарёва и др., 2017; Красильникова, Тихомиров, 2018; Докина и др., 2019]. Криоконсервированная сперма успешно применяется для осеменения промышленных объемов икры.

Сохранение биоразнообразия – это острейшая проблема сегодняшнего дня. Поэтому требуются незамедлительные меры по созданию необходимой сети криобанков, по сбору и закладке в них генетических коллекций гидробионтов. Низкотемпературные генетические банки должны стать частью мероприятий по поддержанию продовольственного и сырьевого потенциала страны на достаточном и безопасном уровне. Криобанк Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), расположенный в Центральном федеральном округе, обладающий уникальной коллекцией криоконсервированной спермы рыб, собственными критехнологиями, а также специалистами, имеет все основания стать головным отраслевым криобанком коллективного пользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Докина О.Б., Пронина Н.Д., Ковалев К.В., Миленко В.А., Цветкова Л.И.* Усовершенствованная технология криоконсервации спермы карпа в крупномасштабном криобанке // Рыбное хозяйство. 2019. № 5. С. 97–105.
2. *Красильникова А.А., Тихомиров А.М.* Получение жизнеспособной молоди русского осетра с применением криоконсервированной спермы и оценка поведенческих реакций криопотомства // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 762–768.
3. *Красильникова А.А.* Сохранение редких и исчезающих видов рыб в условиях климатических и антропогенных изменений // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): матлы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 227–229.
4. *Пономарёва Е.Н., Красильникова А.А., Тихомиров А.М., Фирсова А.В.* Новые биотехнологические методы криоконсервации репродуктивных клеток осетровых видов рыб // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 1. № 1. С. 59–68.
5. *Пономарёва Е.Н., Неваленный А.Н., Белая М.М., Красильникова А.А.* Использование криоконсервированной спермы для формирования маточного стада стерляди // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. С. 118–127.
6. *Рекубратский А.В., Ковалев К.В.* Способы восстановления генотипов редких видов рыб из криоконсервированных спермиев: получение потомства с высоким уровнем генетической изменчивости // Рыбное хозяйство. 2016. № 5. С. 64–68.
7. *Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Докина О.Б., Рекубратский А.В., Парнышков В.А.* Формирование низкотемпературного генного банка спермы рыб (состояние, развитие, перспективы) // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. № 3 (51). С. 538–545.

СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РЫБ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ

А.А. Красильникова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
alexandra.kras@yandex.ru

В настоящее время в условиях глобальной экологической нестабильности проблема сохранения и приумножения биоразнообразия приобретает особую актуальность. Угрожающее состояние популяций рыб приводит к необходимости принятия решительных мер по их спасению. Увеличение и сохранение запасов ихтиофауны рек и морей возможно как при поддержании в определенных рамках естественного восполнения популяций, так и при обязательном развитии заводского воспроизводства.

Методы низкотемпературных биотехнологий для гидробионтов активно применяются последние 15–20 лет, и эффективность их внедрения при дефиците производителей и сокращении природных популяций может быть высока [Grunina et al., 2006; Grunina et al., 2011; Herraez et al., 2011; Красильникова, Тихомиров, 2016; Пономарёва и др., 2017а; Красильникова, Тихомиров, 2018].

Замораживанию подвергают различные типы клеток, в том числе сперматозоиды, соматические клетки, сперматогонии и зародышевые клетки, а также оплодотворенную и неоплодотворенную икру. Однако сперматозоиды имеют определенные преимущества по сравнению с другими типами клеток, в основном из-за своего небольшого размера и относительно высокой устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды. Поэтому криоконсервация сперматозоидов на сегодняшний день является наиболее отработанной технологией [Safina, Duckworth, 2013; Рекубратский, Ковалев, 2016; Пономарёва и др., 2017б; Докина и др., 2019].

Создание низкотемпературных банков генетического материала является довольно сложной задачей. Низкотемпературное консервирование – многоэтапный и многофакторный процесс, в ходе которого биологические объекты подвергаются действию различных физико-химических факторов, обусловленных изменениями температуры, состава и состояния компонентов системы. Для достижения цели применяются искусственные среды – криоконсерванты, в состав которых входят специальные защитные вещества – криопротекторы, а само охлаждение осуществляется программно. Ведущей тенденцией в криобиологии в настоящее время является отход от эмпирических принципов исследований, глубокое изучение механизмов криоповреждений и криозащиты и разработка на этой основе необходимых и достаточных условий эффективного низкотемпературного консервирования биообъектов [Тихомиров и др., 2011; Krasilnikova, Tikhomirov, 2014; Белая, Красильникова, 2019].

Для решения этой проблемы необходимы дальнейшие расширенные исследования закономерностей перехода живой материи при низких температурах из активного состояния

в анабиоз. Одно из ведущих мест при этом занимают клеточный и субклеточный уровни исследований, поскольку именно в клетках возникают и развиваются основные явления, обеспечивающие сохранность биообъектов в экстремальных условиях [Красильникова, Тихомиров, 2015; Пономарёва и др., 2016; Белая и др., 2018].

Глубокое охлаждение – мощное экстремальное воздействие на биосистему, обусловливающее как адаптационно-приспособительные, так и патологические морфофункциональные изменения. Наряду с биофизическими и биохимическими исследованиями выяснение ультрастуктурных особенностей холодовых перестроек в клетках занимает ключевые позиции в изучении криобиологических процессов.

Современная криобиология располагает обширной экспериментальной и теоретической информацией о существовании живой материи в условиях глубокого холода. Исследования криобиологических закономерностей, разработка технологий и аппаратуры криоконсервирования особенно бурно развивались в течение последних двадцати лет. Благодаря многочисленным работам по изучению замораживания сред, клеточных суспензий и тканей определены основные повреждающие факторы, разработаны теории механизмов их действия и сформулированы основы криопротекции. Решаемые вопросы теории и прикладные задачи выдвигают новые фундаментальные проблемы, а преемственность методологии исследований обеспечивает поступательное развитие современной криобиологии.

Работы выполнены с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН № 73602, в рамках научного проекта РФФИ 19-016-00208.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белая М.М., Красильникова А.А., Пономарёва Е.Н.* Разработки Южного научного центра РАН в области криоконсервации репродуктивных клеток рыб // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 5-2 (85). С. 280–286.
2. *Белая М.М., Красильникова А.А.* Влияние скорости замораживания на рыбоводные качества спермы осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 83–90.
3. *Докина О.Б., Пронина Н.Д., Ковалев К.В., Миленко В.А., Цветкова Л.И.* Усовершенствованная технология криоконсервации спермы карпа в крупномасштабном криобанке // Рыбное хозяйство. 2019. № 5. С. 97–105.
4. *Красильникова А.А., Тихомиров А.М.* Новые биотехнологические подходы при криоконсервации спермы рыб // В сб.: Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сб. мат-лов Всерос. Науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроч. к 145-летию Севастопольской биологической станции. В 3 т. Севастополь, 2016. С. 398–400.
5. *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.
6. *Красильникова А.А., Тихомиров А.М.* Получение жизнеспособной молоди русского осетра с применением криоконсервированной спермы и оценка поведенческих реакций криопотомства // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 762–768.

7. *Пономарёва Е.Н., Красильникова А.А., Тихомиров А.М., Фирсова А.В.* Новые биотехнологические методы криоконсервации репродуктивных клеток осетровых видов рыб // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. С. 59–68.
8. *Пономарёва Е.Н., Невaленный А.Н., Белая М.М., Красильникова А.А.* Использование криоконсервированной спермы для формирования маточного стада стерляди // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2017а. № 4. С. 118–127.
9. *Пономарёва Е.Н., Красильникова А.А., Фирсова А.В., Белая М.М.* Криоконсервация репродуктивных клеток рыб: история и перспективы // Рыбное хозяйство. 2017б. № 4. С. 85–88.
10. *Рекубратский А.В., Ковалев К.В.* Способы восстановления генотипов редких видов рыб из криоконсервированных спермиев: получение потомства с высоким уровнем генетической изменчивости // Рыбное хозяйство. 2016. № 5. С. 64–68.
11. *Тихомиров А.М., Богатырева М.М., Красильникова А.А.* Разработка криозащитных сред для низкотемпературного консервирования сперматозоидов белорыбицы (*Stenodus leucichthys* Güldenstädt, 1772) в целях сохранения генофонда // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2011. № 1. С. 58 – 62.
12. *Grunina A.S., Recoubratsky A.V., Tsvetkova L.I., Barmintsev V.A.* Investigation on dispermic androgenesis in sturgeon fish. The first successful production of androgenetic sturgeons with cryopreserved sperm // International Journal of Refrigeration. Vol. 29. Iss. 3. 2006. P. 379–386.
13. *Grunina A.S., Rekubratskiĭ A.V., Tsvetkova L.I., Barmintseva A.E., Vasil'eva E.D., Kovalev K.V., Poluéktova O.G.* Dispermic androgenesis in sturgeons with the help of cryopreserved sperm: production of androgenetic hybrids between Siberian and Russian sturgeons // Ontogenez. Vol. 42. Iss. 2. 2011. P. 133–145.
14. *Herráez P., Cabrita E., Robles V.* Fish Gamete and Embryo Cryopreservation: State of the Art // Aquaculture Biotechnology. Book Chapter. 2011. P. 303–317.
15. *Krasilnikova A.A., Tikhomirov A.M.* Alternative methods of preparation of fish sperm to freeze at ultra-high values of cooling rate // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 72–78.
16. *Safina C., Duckworth A.* Fish Conservation // Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition). 2013. P. 443–455.

О ПРОЕКТЕ «ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРЕДЗИМНИЙ ПЕРИОД НА ФОРМИРОВАНИЕ И ДИНАМИКУ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА АЗОВСКОГО МОРЯ В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ»

А.А. Магаева[1, 2], Н.А. Яицкая[3], С.В. Бердников[1, 2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[3]Субтропический научный центр РАН, г. Сочи
a.magaeva@mail.ru

Азовское море – южная мелководная акватория, которая ежегодно покрывается льдом, при этом сроки образования и разрушения льда значительно варьируются из года в год. Работы [Бухарицин, 2008; Дьяков и др., 2014], посвященные исследованию ледового режима Азовского моря, доказывают, что продолжительность ледостава сократилась, а сроки образования и разрушения льда сдвинулись на более поздние и ранние сроки соответственно. В работе [Букатов, Моисеева, 2009] показано, что в Азовском море продолжительность ледостава сократилась на 19–28 дней (в зависимости от пункта наблюдений) за 70 лет.

Анализ основных фаз ледового режима (ФЛР; даты начала и конца, продолжительность ледостава) на основе данных наблюдений на прибрежных гидрометеорологических станциях позволил выделить 5 рангов сочетаний условий, характерных для Азовского моря:

– ранг I – все параметры ФЛР находятся в пределах нормы (среднемноголетних значений);
– ранг II – все параметры ФЛР отрицательно аномальны (раннее начало ледостава, большая продолжительность, позднее окончание ледостава);
– ранг III – раннее начало ледостава, большая (в некоторых случаях в пределах нормы) продолжительность, конец ледостава в пределах нормы;
– ранг IV – ледостав начинается в пределах нормы, большая продолжительность (в некоторых случаях в пределах нормы), конец ледостава позже среднемноголетних значений;
– ранг V – все параметры ФЛР положительно аномальны (позднее начало ледостава, небольшая продолжительность и раннее окончание ледостава).

Во всех пунктах наблюдений преобладает I ранг, когда наступление ФЛР и их продолжительность происходит в пределах среднемноголетних значений. II ранг ФЛР наблюдается редко – 7,2–8,9 % (от общего количества рассматриваемых зим). Повторяемость III ранга ФЛР составляет 10–16 %. IV ранг наблюдается реже, его повторяемость составляет около 7–10 %. V ранг ФЛР занимает второе место по встречаемости и составляет 20 %. Если разделить исследуемый период на десятилетия, то повторяемость V ранга значительно увеличивается с 2000-х гг. во всех пунктах наблюдений.

При изучении связи ледового режима Азовского моря с гидрометеорологическими условиями акцент в основном делается на температурные условия региона [Федоренко, 2011; Думанская, 2013], зависимость параметров ледового режима от суммы отрицательных температур и т.д. Ранее выполненные исследования [Яицкая, Магаева, 2018] показали, что

во второй половине XX – начале XXI в. число суровых зим сократилось, а мягких и умеренных – увеличилось. При этом во внимание не принимаются такие характеристики, как температура и соленость воды, ветро-волновой режим, особенно в период, предшествующий формированию льда.

В связи с изложенным выше в рамках проекта РФФИ «Аспиранты» предложено выявить основные пространственно-временные особенности и закономерности ФЛР в Азовском море в период 1965–2018 гг., установить, каким образом гидрометеорологические условия в предзимний период влияют на сроки образования, разрушения льда и продолжительность ледового сезона. В работе предполагается использовать данные глобального реанализа OSI-450, результаты математического моделирования ледового режима и гидрологических параметров Азовского моря [Дашкевич и др., 2016], результаты реанализа волнового режима Азовского моря [Tretyakova, Yaitskaya, 2015].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90131 «Аспиранты».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Букатов А.Е., Моисеева Е.А.* Климатическая изменчивость ледового режима Азовского моря // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. МГИ НАНУ Украины. 2009. С. 273–279.
2. *Бухарицин П.И.* Сравнительные характеристики многолетней изменчивости ледяного покрова северной части Каспийского и Азовского морей // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. 2008. № 3. С. 207–213.
3. *Дашкевич Л.В., Немцева Л.Д., Бердников С.В.* Оценка ледовитости Азовского моря в XXI веке по спутниковым снимкам Terra/Aqua Modis и результатам математического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 91–100.
4. *Думанская И.О.* Типовые ледовые условия на основных судоходных трасс морей европейской части России для зим различной суровости // Труды Гидрометеорологического НИИ РФ. 2013. № 350. С. 142–166.
5. *Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А.* Изменение ледовых условий Азово-Черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2014. № 28. С. 122–137.
6. *Федоренко А.В.* Исследование сезонных и внутривековых колебаний основных ледовых параметров на южных морях (Азовское и Каспийское) // Труды ГОИН. 2011. Вып. 213. С. 15–25.
7. *Яицкая Н.А., Магаева А.А.* Многолетняя динамика ледового режима Азовского моря в XX–XXI вв. // Лед и снег. 2018. № 58 (3). С. 373–386.
8. *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.

ЗООПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА ПОЛНОВОДНОГО 2019 г. В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Л.Д. Свистунова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
lds@ssc-ras.ru

Исследование зоопланктона Азовского моря и Таганрогского залива в 2019 г. было проведено в летний период (в конце июля и начале августа). Пробы зоопланктона были собраны на НИС «Денеб» ЮНЦ РАН методом тотального вертикального лова, использовалась сеть Джеди (площадь входного отверстия 0,043 м^2, размер ячеи фильтрующего конуса 118 мкм). Был произведен полномасштабный отбор проб, охватывающий фактически всю акваторию моря (рис. 1). Одновременно на всех на станциях выполняли профилирование CTD-зондом. Измеряли температуру, соленость воды, проводили метеонаблюдения. Отбор и обработку проб зоопланктона проводили по стандартной методике [Абакумов, 1983].

БАТИМЕТРИЯ АЗОВСКОГО МОРЯ

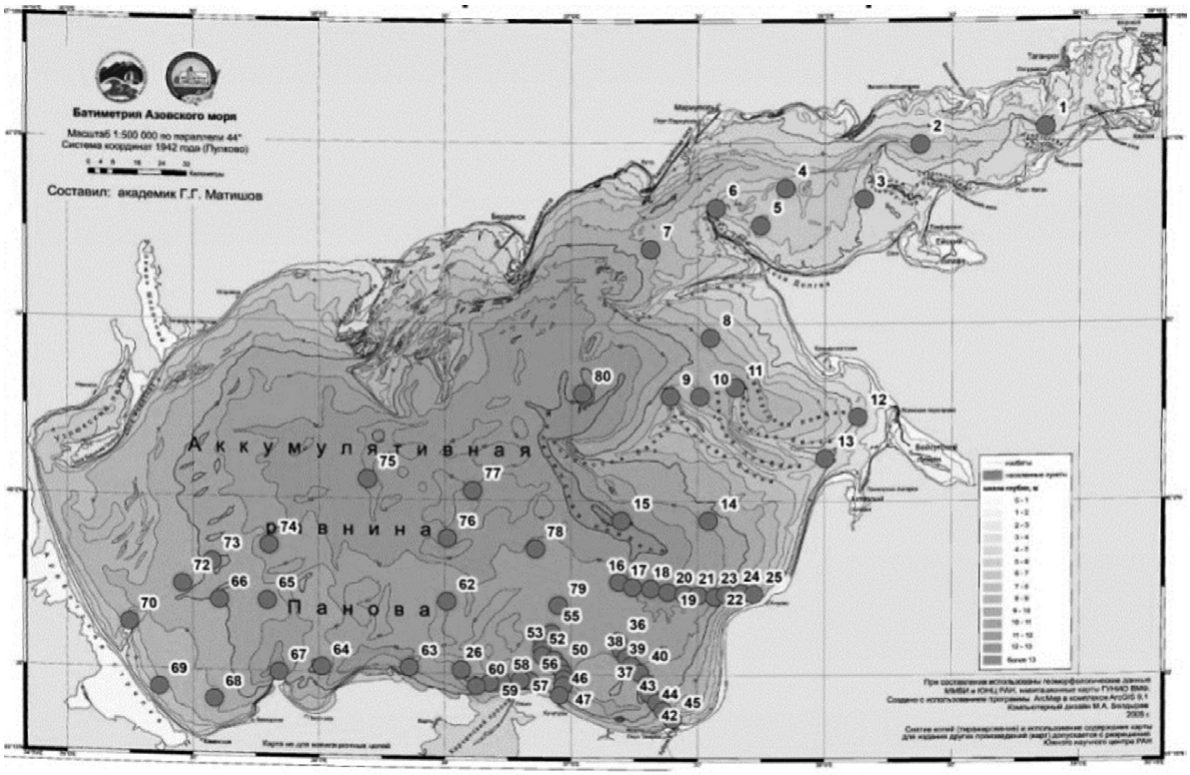


Рис. 1. Схема станций отбора проб зоопланктона в Азовском море и Таганрогском заливе в июле – августе 2019 г.

Всего в Азовском море в летний период было зарегистрировано 13 видов мезо- и 8 мероопланктонных организмов. Мезозоопланктон был представлен:

Rotifera (8 видов) – *Brachionus diversicornis* (Dad.), *Brachionus angularis* Goss, *Keratella cochlearis* (Goss.), *Filinia longiseta* (Ehr.), *Bipalpus hudsoni* (Imh.), *Trichocerca marina* (Dad.);

Cladocera (2 вида) – *Pleopis polyphemoides* (Leuck.) и *Cornigerius maeoticus* (Peng.);

Calanoida (1 вид) – *Acartia tonsa* Dan.;

Cyclopoida (1вид) – *Oithona similis* Claus, а также Cyclops sp.

В мероопланктоне были отмечены Gastropoda veliger, ракушковый рак Ostracoda (*Euphilomedes interpuncta*), *Balanus improvisus larvae* Darv., Bivalvia veliger, Gastropoda veliger, Polychaeta larvae, *Mnemiopsis leidyi* (Agass.), Zoea larvae, Nematoda.

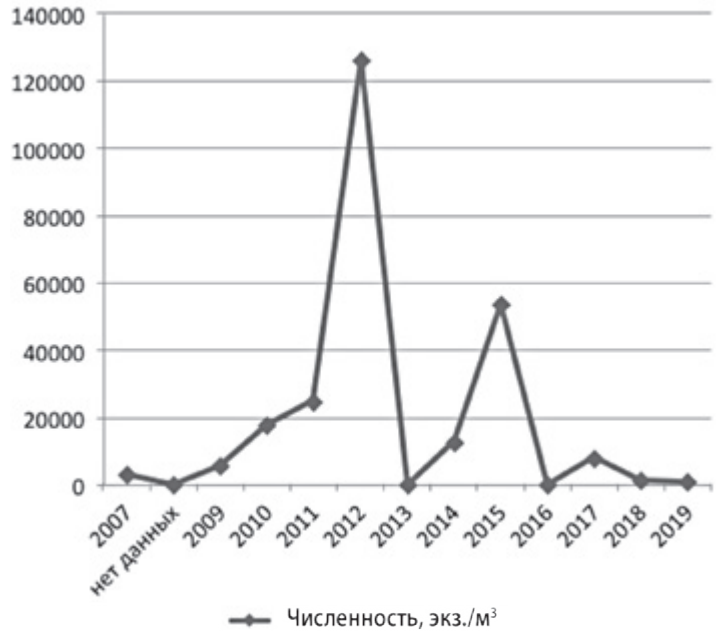
Количественные характеристики зоопланктона в Азовском море распределялись следующим образом. Численность общего мезозоопланктона варьировала в пределах 29–4287 экз./м^3 (в среднем 1247 экз./м^3), биомасса 48,63–0,551 мг/м^3 (в среднем 13,4 мг/м^3) и были на уровне величин полноводного 2018 г. (табл. 1). Низкие качественные и количественные показатели зоопланктонного сообщества в июле – августе в Азовском море связаны с интенсивным развитием в это время гребневика *Mnemiopsis leidyi*. Он массово встречался на всех станциях Азовского моря, а на станциях 69 и 70 присутствовал только гребневик и единично личинки балянуса и полихет. Наибольшая плотность зоопланктона была отмечена в южном районе на станции 62 (4287 экз./м^3 и 48,63 мг/м^3), наименьшая – в центральном районе на станции 80 (140 экз./м^3 и 0,551 мг/м^3) и восточном районе на станции 12 (29 экз./м^3 и 0,83 мг/м^3). Доминирующей группой зоопланктона в Азовском море были копеподы – 80 % от общей численности зоопланктона, где обычно в летний период лидирует *Acartia tonsa*. Однако по нашим данным 2019 г. трудно было выделить доминирующие виды, так как в разных районах они менялись. Так, в южном районе, подверженном влиянию черноморских вод, это были *Oithona similis* и *Pleopis polyphemoides* с численностью 3387 экз./м^3 и 871 экз./м^3 соответственно, в центральном и восточном – *Acartia tonsa* и *Oithona similis*. Величина Cladocera в общей численности зоопланктона составляла 18 %, отмечен был только рачок *Pleopis polyphemoides* с высокой численностью 871 экз./м^3 лишь в южном районе и единично в Темрюкском заливе. Rotifera в Азовском море имели весьма низкие значения численности и биомассы и составляли около 2 % от общего зоопланктона, их средние значения численности и биомассы были 82 экз./м^3 и 0,088 мг/м^3. По данным экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в августе 2019 г., на акватории Азовского моря соленость менялась от 12,5 до 16,4 PSU, температура составляла 23,9–24 °С.

Таблица 1

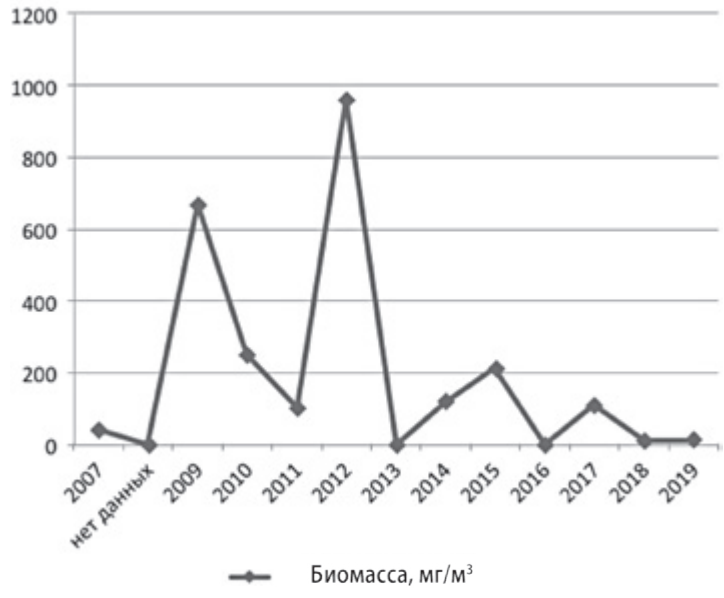
Показатели средней численности (экз/м^3) и биомассы (мг/м^3) зоопланктона в Азовском море и Таганрогском заливе в летний период 2018 и 2019 гг.

Период	Азовское море		Таганрогский залив	
	Численность, экз./м^3	Биомасса, мг/м^3	Численность, экз./м^3	Биомасса, мг/м^3
2018 г., август	1208	11,04	77716	222,73
2019 г., июль – август	1023	13,401	348658 (вост. часть)	1761,806 (вост. часть)

Многолетняя динамика численности (экз./м^3) и биомассы (мг/м^3) мезозоопланктона Азовского моря в летний период в 2007–2019 гг. представлена на рисунке 2.



А



Б

Рис. 2. Динамика численности (экз./м^3) (А) и биомассы (мг/м^3) (Б) мезозоопланктона Азовского моря в летний период в 2007–2019 гг.

В Таганрогском заливе в летний период было зарегистрировано 20 видов мезо- и 5 меропланктонных организмов. Мезозоопланктон был представлен: Rotifera (17 видов); Cladocera (4 вида); Copepoda (3 вида). В меропланктоне отмечены *Balanus improvisus larvae* Darv., *Bivalvia veliger*, *Gastropoda veliger*, *Polychaeta larvae*, *Mnemiopsis leidyi* (Agass.), *Zoea larvae*. Численность общего мезозоопланктона в Таганрогском заливе в среднем была 348658 экз/м^3, биомасса – 1761,806 мг/м^3. По численности наибольшего развития достигали

Rotifera – 68 % от общей средней численности зоопланктона (в среднем 237188 экз./м^3). По биомассе доминировали Cladocera – 64 % от общей биомассы всего зоопланктона (в среднем 1122,65 мг/м^3). В группе коловраток доминировали (преимущественно в восточной части залива) 2 вида рода Brachionus – *Brachionus diversicornis* (в среднем 176000 экз./м^3) и *Brachionus angularis* (в среднем 55333 экз./м^3). В группе кладоцер преобладал рачок *Bosmina longirostris* (в среднем 94250 экз./м^3). В группе копепод преимущественное развитие имели две каланоиды – *Calanipeda aquadulcis* (в среднем 1825 экз./м^3) и в восточной части залива *Eurytemora affinis* (в среднем 2690 экз./м^3). Необходимо указать на достаточно высокое развитие в центральной и западной частях залива морской коловратки *Trichocerca marina* (в среднем 1200 экз./м^3). Наиболее высокие количественные показатели численности и биомассы зоопланктона отмечены в районе г. Таганрога – 590000 экз./м^3 и 5810 мг/м^3 соответственно. В районе Чумбурской банки и города Таганрог при высокой температуре воды (до 26,0 °С) наблюдалось значительное поражение коловраток *Brachionus diveriscornis* грибом-паразитом – эпибионтом Aphanomyces из сапролегниевых (до 2 % от общего количества коловраток).

Таким образом, в летний период 2019 г. в зоопланктонном сообществе Азовского моря наблюдались невысокие показатели. Средние значения численности зоопланктона составляли 1023 экз./м^3, биомассы – 13,4 мг/м^3, что являлось следствием массового развития гребневика *Mnemiopsis leidyi* в этот период. Повышенная соленость вод (12,5–16,4 PSU) способствовала распространению и развитию черноморской циклопоиды *Oithona similis* (в среднем 1236 экз./м^3) на всей акватории Азовского моря, а в Таганрогском заливе – морской коловратки *Trichocerca marina* (в среднем 1236 экз./м^3). В развитии зоопланктона Азовского моря маловодного 2019 года и полноводного 2018 года в летний период нами не было отмечено значимых различий количественных показателей и видового состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов В.А.* Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 236 с.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ ФИТОПЛАНКТОНА КАК ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ «ЦВЕТЕНИЙ» ВОДЫ В АЗОВСКОМ МОРЕ

Г.В. Ковалёва

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kovaleva@ssc-ras.ru

«Цветение» воды – природное явление, причиной которого является массовое размножение микроскопических планктонных водорослей, пигменты которых окрашивают воду в тот или иной цвет. «Цветение» водорослей может быть почти незаметно невооруженным глазом, но чаще всего изменяет цвет воды на коричневый, зеленый, и даже желтый, оранжевый или красный. «Цветения» микроводорослей наблюдаются в пресных, морских и солоноватых водоемах, поскольку может быть спровоцировано развитием разных видов из различных таксономических групп. Опасность этого явления заключается в том, что даже если «цветение» воды вызывают нетоксичные виды, высокая численность клеток фитопланктона в водной толще (когда плотность популяции может достигать 300–500 млн кл/м^3, а биомасса – нескольких сотен грамм на кубометр) представляет угрозу для нормального функционирования экосистемы. При отмирании большого числа клеток на утилизацию такой большой биомассы расходуется больше кислорода, чем продуцируется. Кроме того, массовое скопление клеток обычно отмечается в поверхностном горизонте (особенно в случае с цветением цианопрокариот), что приводит к затенению нижних слоев воды и, соответственно, угнетению развития других фотосинтезирующих водорослей. Всё это приводит к катастрофической нехватке кислорода в водной толще (гипоксии) и провоцирует новое опасное явление – «замор», в результате которого гибнут все гидробионты (включая рыб), не успевшие покинуть опасную зону.

Несмотря на то что «цветения» воды, связанные с массовым развитием микроводорослей, являются регулярными природными явлениями, основные усилия по их изучению предпринимаются лишь на протяжении последних 50 лет, когда это приобрело характер эпидемии. В мировой литературе наибольшее внимание уделяется «красным приливам»,

которые вызваны «цветением» динофитовых и диатомовых водорослей [Вершинин, Орлова, 2008; Getchis, Shumway, 2017]. Большой резонанс этого явления обусловлен потенциальным ущербом для марикультуры и рыболовства – «красные приливы» часто спровоцированы развитием видов, продуцирующих токсины [Вершинин, Орлова, 2008].

Азовское море представляет собой мелководный водоем с относительно большим притоком пресных вод и отдаленной связью с Мировым океаном. По физико-географическим и гидрологическим признакам его разделяют на два района: собственно море (считающееся, по мнению некоторых исследователей, придаточным водоемом Чёрного моря) и Таганрогский залив, являющийся эстуарием реки Дон. Небольшие глубины Азовского моря и, как следствие, хорошая прогреваемость вод наряду с высокой биологической продуктивностью приводят к ежегодным «цветениям» воды как в заливе, так и в море [Студеникина и др., 1999; Матишов и др., 2010, 2016; Алескерова и др., 2018 и др.].

На то, что флора фитопланктона Азовского моря является смешанной, указывали многие авторы [Прошкина-Лавренко, 1963; Студеникина и др., 1999; Ковалёва, 2008]. В ее состав входят как солоноватоводные виды, так и виды морского и континентального происхождения. Значительную роль играет и водообмен с Чёрным морем, откуда регулярно поступают типично морские виды.

В литературе по фитопланктону Азовского моря часто отмечается присутствие видов-вселенцев (иначе называемых аллохтонным компонентом) в южном районе моря, находящемся под непосредственным влиянием водообмена с Чёрным морем. В этот список чаще всего попадают полигалобные динофлагелляты из родов *Prorocentrum*, *Ceratium*, *Dinophysis*, *Alexandriun*, *Gymnodinium*, а также диатомовые водоросли из родов *Rhizosolenia*, *Pseudonitzschia*.

В связи с повышением солености Азовского моря массовое развитие морских видов микроводорослей отмечено и в Таганрогском заливе. Так, в мае – июне 2018 г. на акватории залива отмечено массовое развитие золотистой водоросли *Ebria tripartita* (Schum.) Lemm [Ковалёва, Григоренко, 2018]. Анализ видового состава фитопланктона показал, что в указанный период в акватории залива активно вегетировали виды, которые ранее отмечались только в южной части Азовского моря. Помимо *Ebria tripartita* и типичных для флоры Таганрогского залива таксонов были отмечены такие мезогалобные виды динофитовых водорослей, как *Scrippsiella trochoideum* (Stein) Balech и *Dinophysis acuminata* Clap. et Lachm [Ковалёва, Григоренко, 2018]. Еще несколько лет назад ареал проникновения этих видов ограничивался только открытой частью Азовского моря, но теперь биологические инвазии полигалобных видов обнаружены в центральной и даже восточной части Таганрогского залива.

Проследить инвазии планктонных водорослей довольно сложно, и это связано как с мелкими размерами клеток и значительной мозаичностью в распределении фитопланктона, так и с высокой скоростью размножения и смены доминирующих видов. В случае, если в период массового развития вида-вселенца в бассейне не проходила гидробиологическая экспедиция, его вегетация может остаться незамеченной исследователями.

Кроме указанных выше обстоятельств осложняет дело и тот факт, что исследования микроводорослей в различных районах Азовского, Черного и Каспийского морей проходят очень неравномерно. Процесс изучения видового состава микроводорослей этих морей далек от завершения, поэтому даже сопоставление опубликованных таксономических списков не позволяет с определенной уверенностью говорить об аллохтонности или автохтонности того или иного вида микроводорослей. Если нет достоверных данных о том, что

вид не обитал в этом водоеме ранее (до его обнаружения исследователями), то его «первую» находку нельзя рассматривать как инвазию, поскольку под биологическими инвазиями подразумевают проникновение организмов в экосистемы, расположенные за пределами их первоначального ареала [Дгебуадзе, 2000].

Довольно часто обнаружение некоторых «видов-вселенцев» происходит повторно [Ковалёва, 2002; 2016], и только привлечение палеоботанических данных позволяет прояснить исходный ареал обитания вида. Так, опираясь на данные диатомового анализа, А.И. Прошкина-Лавренко [1963] указывала на то, что это «вселение» *Pseudosolenia calcar-avis* (в 1930-х гг.) является интереснейшим примером «вторичного заселения» видов (не только в Азовское, но и в Каспийское и Аральское моря). Первичное существование этого вида в Каспии, по палеоботаническим данным, относится к неогену, а в Чёрном море ископаемые находки *Pseudosolenia calcar-avis* известны из сарматских отложений [Прошкина-Лавренко, 1963]. Известен и противоположный вариант, когда при изучении позднеголоценовых отложений Таганрогского залива были обнаружены слои, где в массе встречается *Thalassiosira incerta* [Ковалёва, Назаренко, 2019]. В составе современной флоры микроводорослей Азовского моря данный вид ранее не указывался, и вполне вероятно, что его обнаружение могли бы отнести к инвазии. Тем более что *T. incerta* считается типично инвазионным видом. Она вселилась из Каспийского моря в волжские водохранилища в конце 1960-х гг., а к началу XXI в. вид стал постоянным компонентом фитопланктона р. Волги и ее боковых притоков наряду с другими инвазивными видами [Охапкин и др., 2016].

Инвазией из Каспийского моря, вероятно, можно считать и мезогалобную диатомовую водоросль *Chaetoceros minutissimus* Makar. et Pr.-Lavr. [Ковалёва, 1996]. Отсутствие данных о находках этого вида в других водоемах позволяет только предполагать историю происхождения азовской популяции этого организма. В апреле 1995 г. этот вид достигал массового развития на рейде порта Таганрог [Ковалёва, 1996], что позволило сделать предположение о том, что этот вид занесен с балластными водами судов, приходящих из Каспия (поскольку изначально вид был описан из планктона Каспийского моря) [Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968]. Дальнейшие единичные находки этого вида в восточном и южном районах Азовского моря можно трактовать двояко: или этот вид успешно акклиматизировался, или он является реликтом Понто-Каспийского бассейна, а ранее не был обнаружен в Азовском море из-за редкой встречаемости и малых размеров.

Чёрное и Каспийские моря не единственные поставщики инвазионных видов. Важную роль играют и инвазии пресноводных видов из рек Дон, Кубань, Протока и лиманов кубанского побережья. Следует отметить, что инвазии пресноводных видов проходят не так «агрессивно» и сильнее всего проявляются непосредственно в опресненных зонах (наиболее существенно в Таганрогском заливе и слабее – в районах впадения рек Кубани и Протоки). Так, при исследовании фитопланктона Бейсугского лимана в октябре 2001 г. отмечено интенсивное развитие морской диатомовой водоросли *Chaetoceros throndsenii* (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone [Гогорев, Ковалёва, 2010; Ковалёва, Гринченко, 2020;]. *C. throndsenii* ранее был обнаружен в Норвежском, Балтийском, Чёрном, Адриатическом и Средиземном морях, в Мексиканском заливе, в проливах Скагеррак и Каттегат. Происхождение популяции *C. throndsenii*, массово развивавшегося в Бейсугском лимане, остается под вопросом, но можно предположить, что вид мог проникнуть в лиман из Азовского моря (через промыв в косе Ясенская), а туда попасть в результате адвекции черноморских вод. Не исключен также и его перенос с балластными водами судов, следовавшими из Чёрного, Средиземного или Балтийского морей.

Таким образом, при изучении предпосылок возникновения «цветения» воды, и особенно видов, которые формируют вспышки численности, следует обозначить два основных направления:

1) массовое развитие автохтонных видов (типичных для флоры местных видов);

2) вспышки численности аллохтонных видов (инвазионных, видов-вселенцев, проникнувших в новый ареал с другой территории).

К первой группе можно отнести ежегодное «цветение» цианопрокариот в Таганрогском заливе, а ко второй – спорадически возникающие вспышки численности морских динофитовых, диатомовых, криптофитовых и золотистых водорослей, появление которых в акватории Азовского моря чаще всего связано с проникновением черноморских вод или заносом с балластными водами судов.

Таким образом, изучение «цветений» спровоцированных инвазией чужеродных видов, заносимых в Азовское море с балластными водами судов [Ковалёва, 2002; 2016; 2020], является чрезвычайно актуальной проблемой. Поскольку во многих портах РФ контроль за сменой балластных вод проводится недостаточно тщательно, то при сбросе этих вод в портах в акваторию попадают чужеродные виды, способные не только адаптироваться, но и составить конкуренцию автохтонным видам. Учитывая, что после периода распреснения на протяжении последних 10 лет вновь отмечается тенденция к повышению солености в Азовском море и Таганрогском заливе (связанная с маловодностью бассейнов рек Дон и Кубань), перспективы для расселения чужеродных видов морского происхождения расширились. Повышение солености вод Таганрогского залива и последующая за ним перестройка флоры микроводорослей (включающая инвазии морских потенциально токсичных видов) может стать опасным природным явлением. Велика вероятность того, что к ежегодным массовым вспышкам численности цианопрокариот (синезеленых водорослей), типичных для этого района, добавятся еще и «красные приливы», что опасно не только для рыболовства, но и для водообеспечения населенных пунктов, использующих воду из Таганрогского залива.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-05-80010 «Исследование и прогноз опасных гидрометеорологических и геолого-геоморфологических процессов в районах функционирования стратегических объектов на Азово-Черноморском побережье (исторические и современные аспекты)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алескерова А.А., Кубряков А.А., Станичный С.В., Лишаев П.Н., Мизюк А.И.* Цветение цианобактерий в Азовском море по данным сенсоров спутников серии Landsat // Исследование Земли из космоса. 2018. № 6. С. 52–64.
2. *Вершинин А.О., Орлова Т.Ю.* Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России // Океанология. 2008. Т. 48. № 4. С. 568–582.
3. *Гогорев Р.М., Ковалёва Г.В.* Одноклеточные виды Chaetoceros (Bacillariophyta) Бейсугского лимана (Азовское море) // Ботанический журнал. 2010. Т. 95. № 7. С. 970–977.
4. *Дгебуадзе Ю.Ю.* Экология инвазий и популяционных контактов животных: общие подходы // Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 35–50.

5. *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: тез. докл. конф. (г. Борок, 3–5 дек. 1996 г.). Ярославль, 1996. С. 45–46.
6. *Ковалёва Г.В.* Виды-вселенцы в фитопланктоне Азово-Черноморского бассейна: проблемы изучения // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: мат-лы междунар. науч. конф. и молодежной науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2016 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 183–190.
7. *Ковалёва Г.В.* Влияние биологических инвазий на таксономическое разнообразие микроводорослей Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. трудов АзНИИРХ 2000–2001 г. М., 2002. С. 158–164.
8. *Ковалёва Г.В.* Проблема «цветения» воды в Азовском море (раздел 6.1) // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе / отв. ред. д.г.н. С.В. Бердников. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 122–148. DOI 10.23885/1993-6621-2020-8-122-148
9. *Ковалёва Г.В.* Фитопланктон Азовского моря и прилегающих водоемов // Азовское море в конце XX – начале XXI в.: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 134–223.
10. *Ковалёва Г.В., Григоренко К.С.* Влияние биологических инвазий на фитопланктон Таганрогского залива (в условиях повышения солености) // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Вып. 3. С. 188–194. DOI: 10.23885/2500-395x-2018-1-3-188-195.
11. *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, 2002. С. 5–6.
12. *Ковалёва Г.В., Назаренко А.В.* Диатомовый анализ голоценовых отложений Таганрогского залива // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 2. С. 53–66.
13. *Матишов Г.Г., Ковалёва Г.В.* «Цветение» воды в водоемах юга России и сбои в водоснабжении (на примере г. Волгодонска) // Вестник Южного научного центра. 2010. Т. 6. № 1. С. 71–79.
14. *Матишов Г.Г., Ковалёва Г.В., Ясакова О.Н.* Аномальное осолонение в Таганрогском эстуарии и дельте Дона // Наука Юга России. 2016. Т. 12. № 1. С. 43–50.
15. *Охапкин А.Г., Генкал С.И., Воденеева Е.Л., Шарагина Е.М., Бондарев О.О.* К экологии и морфологии *Thalassiosira incerta* Makarova (Bacillariophyta) // Биология внутренних вод. 2016. № 2. С. 1–9.
16. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. М.; Л.: АН СССР, 1963. 190 с.
17. *Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В.* Водоросли планктона Каспийского моря. Л.: Наука, 1968. 291с.
18. *Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С.* Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов н/Д.: Эверест, 1999. 175 с.
19. *Getchis T.L., Shumway S.E.* 2017. Harmful Algae: An Executive Summary (preprint). Connecticut Sea Grant College Program. CTSG-17–08. 16 p.

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ АКВАТОРИИ ДЖУБГА – ЛАЗАРЕВСКОЕ – СОЧИ

О.Г. Кузнецова, С.Г. Миронюк

Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет, г. Москва
Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
o-g-k@list.ru, mironyuksg@gmail.com

В настоящее время акцент международной политики делается на устойчивое развитие или сохранение благоприятной экологической обстановки. Для осуществления более полного учета рекомендаций международных организаций и совершенствования методов комплексной оценки ситуации на урбанизированных территориях необходимо проводить более полные и достоверные оценки уровня экологической безопасности и давать рекомендации по принятию управленческих решений. В связи с этим необходимы комплексные научные исследования урбанизированных территории, акваторий. Зоны рекреации в этом аспекте нуждаются особенно остро в осуществлении всех направлений мониторинга, оценки, прогноза и восстановления биосистем.

Расстояние от Джубги до устья р. Псоу составляет около 145 км. Протяженность береговой линии между этими точками побережья превышает это расстояние на 22 км и составляет около 167 км. Низко- и среднегорные лесные ландшафты района, в которых преобладают насаждения дуба пушистого и скального с примесью можжевельника и сосны на горнолесных почвах, во многом сохранили свой первоначальный облик. Климат района теплый и влажный. Годовое количество осадков составляет от 800 до 1000 мм, однако осадки выпадают преимущественно в осенне-зимний период.

Гидрологический режим рек Кавказского побережья характеризуется наличием многочисленных паводков (от 30 до 40 в год), развитие которых возможно в течение всего года [Гидрометеорология … 1991].

Для района характерны обрывистые, скальные и приглубые берега, на значительном протяжении практически лишенные пляжей. Неширокие пляжи формируются лишь вблизи устьев рек и вдоль участков с узкими морскими террасами. На большем протяжении морские берега района подвержены довольно интенсивной эрозии, на ряде их участков развиты оползни [Еремеев и др., 1992].

Практически вся хозяйственная, курортная и сельскохозяйственная инфраструктура Большого Сочи и Туапсе сконцентрирована на узкой полосе морского побережья и в долинах крупных рек. Вдоль всего побережья от Джубги до Туапсе вплотную к берегу моря и непосредственно по курортной зоне проходит автострада, а на участке Туапсе – Псоу – автомагистраль и железнодорожная магистраль.

Экологическое состояние воздушного бассейна определяется климатическими особенностями региона, главным образом ветровым режимом. Ветровой режим района складывается в результате совместного действия географических и циркуляционных факторов.

Наличие речных долин, прорезающих горные хребты на участке от Анапы до Туапсе, создает благоприятные условия для возникновения местных сильных и холодных северных ветров. Наиболее часто повторяющиеся северные ветры (от 6 до 43 %) перемещают воздушные потоки с берега в сторону моря, что значительно снижает вероятность загрязнения приземного слоя атмосферы при проведении работ в прибрежной зоне. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха – промышленные производства, располагающиеся в населенных пунктах на побережье. Наиболее крупные из них по величине вклада в загрязнение воздушного бассейна – предприятия города Туапсе [Церенева, 2016]. Одним из крупных загрязнителей атмосферного воздуха является транспорт – автомобильный, морской, железнодорожный, авиационный. Особо интенсивная транспортная нагрузка приходится на летний период, когда увеличивается количество отдыхающих с частным транспортом, в том числе прибывающих из других регионов страны (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация поллютантов в воздухе

Загрязняющие вещества	Насел. пункты				
	г. Адлер	г. Сочи	пос. Лазаревское	пос. Агой	пос. Джубга
Суша					
Взвешенные вещества (пыль)	0,188	0,074	0,208	0,2	0,2
Диоксид серы	0,017	0,004	0,010	0,01	0,017
Диоксид азота	0,064	0,06	0,051	0,05	0,06
Оксид углерода	2,0	3,6	2,1	2	2
Пляжевая полоса					
Взвешенные вещества (пыль)	0,203	0,074	0,203	0,2	0,2
Диоксид серы	0,019	0,004	0,019	0,01	0,017
Диоксид азота	0,03	0,06	0,03	0,05	0,06
Оксид углерода	2,0	3,6	2,0	2	2

Представленные данные СЦГМС ЧАМ г. Сочи свидетельствуют, что фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосфере над сушей и прилегающей акватории в населенных пунктах, расположенных вблизи точек выхода проектируемого трубопровода на сушу, различаются не существенно. Значения концентраций по 4 основным загрязнителям не превышают ПДК. Фоновые концентрации специфических примесей рекомендовано принять в размере 20 % от максимально-разового ПДК в воздухе населенных пунктов.

Для оценок фоновых параметров распределения тяжелых металлов (ТМ) нами были использованы данные съемки, проведенной по донным осадкам (табл. 2), а также материалы экологического мониторинга на акватории Чёрного моря (ГНЦ «Южморгеология») за 2000–2002 гг. В таблице 3 представлены рассчитанные фоновые оценки содержания тяжелых металлов в донных отложениях шельфа, которые можно использовать в качестве базовых при проведении дальнейших исследований. Характеристики распределения металлов в донных осадках хорошо согласуются с результатами анализа пляжных отложений, что

может свидетельствовать об отсутствии процессов накопления токсичных металлов в бассейне седиментации. Уровни концентраций ТМ на площади изысканий не превышают регионального фонового уровня. Учитывая, что донные осадки являются депонирующей средой, отражающей состояние экосистемы в течение некоторого периода времени, можно сделать вывод о том, что фоновое ее состояние является вполне устойчивым.

Таблица 2

Содержание фенола, нефтепродуктов и тяжелых металлов

Выход трассы на берег	Номер станции	Фенолы, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг	Hg, мг/кг	As, мг/кг	Нефтепр., мг/кг
Пос. Лермонтово	A_1b	0,32	21	75	10	3,3	0,02	5,5	122
	A_2b	0,05	18	91	<10	2,3	0,02	4,5	58
Пос. Гизель-Дере	Ca	<0,05	29	81	<10	2,9	0,03	5,9	14
	Cb	<0,05	15	97	<10	2,3	0,03	0,7	33
Пос. Якорная щель	Da	<0,05	34	69	10	2,6	0,02	3,1	4
	Db	<0,05	25	61	<10	1,0	0,02	1,0	4
Пос. Веселое	Eb	<0,05	29	61	<10	2,9	0,06	5,3	3

Таблица 3

Параметры распределения тяжелых металлов в донных отложениях

Элемент	Пределы колебания измеренных содержаний, мг/кг	Оценка среднего («фон»)	Оценка стандартного отклонения	Минимальное аномальное значение
		X±λ	S	min A
Медь	17,0–44,0	35,38±1,3	3,99	47,37
Цинк	53,0–86,0	71,0±2,6	8,12	96,80
Свинец	<10–38,0	15,0±1,8	4,00	27,00
Кадмий	1,5–6,10	2,79±0, 3	0,99	5,80
Ртуть	0,02–0,08	0,051±0,004	0,012	0,087

Согласно материалам экологического мониторинга 2000–2002 гг., для распределения тяжелых металлов в морской воде не было отмечено признаков устойчивого изменения естественного состояния экосистемы. Концентрации микроэлементов в морской воде варьируют в следующих интервалах:

медь – от 0,45 до 1,7 мкг/л;
цинк – от 2,52 до 17,44 мкг/л;
свинец – от 0,15 до 1,11 мкг/л;
кадмий – от 0,06 до 0,38 мкг/л;
ртуть – от 0 до 0,085 мкг/л.

В целом эти показатели не превышают фонового уровня для региона [2]. Тем не менее в потенциально экологически неблагоприятных районах (Туапсе, Сочи и т.д.) в морской воде

периодически отмечались локальные превышения фоновых содержаний микроэлементов [Еремеев и др., 1992; Церенева, 2016].

По результатам статистической обработки можно констатировать, что распределение тяжелых металлов в морской воде в период съемки контролируется природными факторами. Для прибрежных участков и участков средних глубин моря по данным съемки установлено отсутствие вертикальной стратификации поля концентраций микроэлементов в воде. Это обусловлено характерной для зимнего периода активизацией гидродинамического режима, обусловливающей перемешивание морской воды на шельфе [Комплексные исследования … 1994]. С активным гидродинамическим режимом связано и фиксируемое по данным съемки общее повышение концентраций ТМ. Известно, что существенная доля микроэлементов в воде находится во взвешенном состоянии. Высокое содержание взвешенного материала приводит к обогащению морской воды микрометаллами и обусловливает их повышенные по отношению к фоновым (по данным экологических исследований прошлых лет) содержания [Церенева, 2016].

В таблицах 4 и 5 представлены параметры распределения тяжелых металлов в воде, рассчитанные отдельно для прибрежных экорайонов и экорайонов средних глубин. Сравнение средних содержаний и стандартных отклонений с критериями Фишера и Стьюдента показало отсутствие значимых различий распределений, что позволило объединить исследуемые выборочные совокупности в одну для получения более достоверных оценок параметров распределения [Анализ и обобщение … 1987]. На рисунке представлены гистограммы распределения этого элемента до и после объединения выборок.

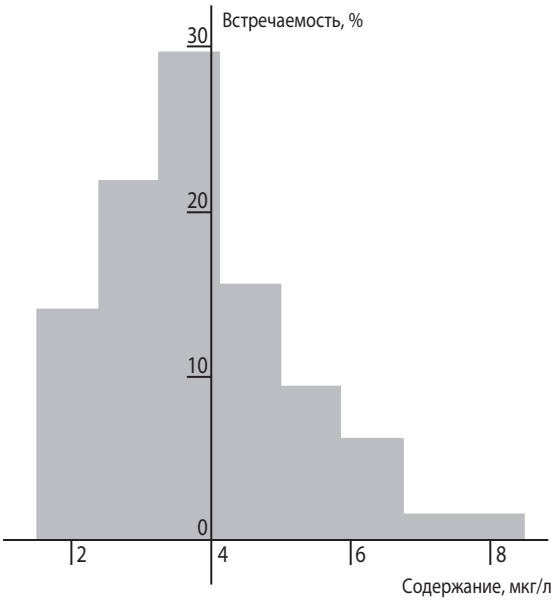


Рис. 1. Гистограмма распределения цинка в воде (после объединения выборок)

Таблица 4

Параметры распределения микроэлементов в морской воде прибрежных районов

Элемент	Пределы колебания измеренных содержаний, мкг/л	Оценка среднего («фон»)	Оценка стандартного отклонения	Минимальное аномальное значение
		X±λ	S	min A
Медь	0,1–3,1	1,12±0,4	0,85	3,67
Цинк	1,8–12,5	4,01±0,8	2,02	10,07
Свинец	<0,5–2,9	1,06±0,4	0,86	3,64
Кадмий	<0,1–0,51	0,22±0,1	0,33	1,21
Ртуть	0,003–0,009	0,006±0,001	0,004	0,018

Таблица 5

Параметры распределения микроэлементов в морской воде экорайонов средних глубин

Элемент	Пределы колебания измеренных содержаний, мкг/л	Оценка среднего («фон»)	Оценка стандартного отклонения	Минимальное аномальное значение
		X±λ	S	min A
Медь	0,2–2,9	1,10±0,2	0,84	3,62
Цинк	1,5–16,3	5,1±0,8	3,01	14,13
Свинец	<0,5–3,3	1,05±0,3	1,00	4,05
Кадмий	<0,1–0,6	0,19±0,1	0,38	1,33
Ртуть	0,002–0,009	0,006±0,01	0,003	0,015

Параметры распределения микроэлементов в морской воде (после объединения выборочных совокупностей) представлены в таблице 6.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в морской воде

Элемент	Пределы колебания измеренных содержаний, мкг/л	Оценка среднего («фон»)		Оценка стандартного отклонения		Минимальное аномальное значение	
		X_{ln}±λ	Antlg(X_{ln})	S_{ln}	Antlg(S_{ln})	$minA_{ln}$	Antlg ($minA_{ln}$)
Цинк	1,5–16,3	1,34±0,1	3,81	0,48	1,62	2,79	16,28
		X±λ		S		minA	
Медь	0,1–3,1	1,067±0,2		0,68		3,12	
Свинец	<0,5–3,3	1,0±0,2		1,0		4,0	
Кадмий	<0,1–0,6	0,20±0,03		0,13		0,60	
Ртуть	0,002–0,009	0,006±0,0005		0,002		0,012	

Приведенные в таблице статистические оценки фоновых содержаний микроэлементов характеризуются хорошей степенью достоверности (погрешность оценок средних не превышает 20 %), что позволяет использовать их в качестве базовых при дальнейших исследованиях, при этом следует учитывать наличие сезонных вариаций распределения концентраций металлов в морской воде.

В целом концентрации ТМ в морской воде не выходят за рамки диапазона фоновых концентраций и значительно ниже уровней $ПДК_{р.х.}$ [Перечень … 1999]. Аномально высокие содержания цинка – 17,8, 44,1, 208,2 мкг/л – были обнаружены в трех пробах морской воды на станциях 17 (поверхностный горизонт), 19 и 24 (придонный горизонт) соответственно. Содержание цинка в воде станции 24 превышает $ПДК_{р.х.}$ Для остальных тяжелых металлов аномальных содержаний в морской воде отмечено не было.

При оценке современного состояния акватории принимается, что уровни содержаний ТМ соответствуют фоновым, концентрации не превышают $ПДК_{р.х.}$, однако в экорайонах зоны малых и средних глубин периодически присутствуют линзы распресненных (речных) вод с повышенными содержаниями тяжелых металлов [Церенева, 2016].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ и обобщение результатов геоэкологического картирования, мониторинга шельфа и континентального склона и глубоководной части Черного моря и оценка перспектив на газовые гидраты: отчет о НИР / ГНЦ ГГП НПО «Южморгеология»; отв. исполн. Н.Е. Копосов и др. (фонды ПО «Южморгеология»). Геленджик, 1987. С. 64.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР: справочник. Т. 4. Чёрное море. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991.
3. *Еремеев В.Н., Владимиров В.Л., Крашенниников Б.Н.* Долговременная изменчивость прозрачности вод Чёрного моря // Гидрофизические и гидрохимические исследования Чёрного моря. Севастополь: Изд-во МГИ АНУ, 1992. С. 28–31.
4. Комплексные исследования техногенного загрязнения в прибрежной зоне Кавказского шельфа Чёрного моря. Геленджик, 1994. 226 с.
5. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999.
6. *Церенева М.П.* Комплексная геоэкологическая оценка урбанизированных территорий в Приморской зоне (на примере г. Туапсе и Туапсинского района): дис. … канд. геогр. наук: 25.00.36 / Российский государственный гидрометеорологический университет. СПб., 2016.

ЖЕЛЕТЕЛЫЙ МАКРОЗООПЛАНКТОН ПРИКЕРЧЕНСКОГО РАЙОНА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЗИМНЕ-ВЕСЕНИЙ ПЕРИОД 2019 г.

В.В. Саяпин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
gammarus75@mail.ru

Изменения, происходящие в сообществе желетелого макрозоопланктона, оказывают существенное влияние на характер функционирования морских экосистем. Особенно сильно их воздействие в прибрежной зоне, где биомасса организмов этой группы может составлять до 90 % общей биомассы зоопланктона.

До середины 1980-х гг. основную роль в желетелом планктоне Черного моря играла медуза *Aurelia aurita* (L. 1758) [Виноградов, Лебедева и др., 2005]. В это время экосистема Черного моря находилась в относительном равновесии, и улов рыбы оставался на приблизительно постоянном уровне [Виноградов и др., 1992]. Суммарная биомасса аурелии в Черном море достигала 200–450 млн т, этим видом потреблялось от $113 \cdot 10^6$ до $162 \cdot 10^6$ млн ккал, что составляло от 9–13 % годовой первичной продукции водоема. В середине 1980-х гг. потребление составило 34–67 % всего кормового планктона Черного моря, что в 4–8 раз больше, чем всеми рыбами-планктофагами [Аннинский, 1989].

В конце 1980-х гг. в экосистеме Черного моря произошли серьезные изменения, связанные с интенсивным развитием в черноморском бассейне ктенофоры – вселенца *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865). В летний период 1989–1990 гг. этим видом ежесуточно потреблялось 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 в водоем в 1997 г. плотоядного гребневика *Beroe ovata* Bruguière, 1789, который относится к хищникам, питающимся исключительно гребневиками отряда Lobata [Виноградов и др., 2000]. Каждая такая перестройка характеризовалась значительными изменениями в структуре сообществ планктона и влияла на воспроизводство рыб [Виноградов, Лебедева и др., 2005].

В последнее время наблюдаются некоторые изменения в сроках появления гребневиков у северо-восточного побережья Черного моря, что, возможно, связано с изменением температурных характеристик морских вод в данном районе [Арашкевич и др., 2015]. Наличие подобных изменений требует постоянного мониторинга как инвазивных, так и аборигенных видов сообщества желетелого макрозоопланктона. Особенно интересен Прикерченский район Черного моря, поскольку отсюда идет ежегодное вселение медуз и ктенофор в Азовское море.

Материал для данной работы отбирался в ходе 2 экспедиций на НИС ПТР «Денеб» зимой, весной и летом 2019 г. Район исследований и точки отбора проб показаны на рисунке 1. Лов желетелого планктона производился при помощи конусной сети ИКС-80, капроновой сети (мельничный газ № 64) с диаметром входного отверстия 80 см – дно –

поверхность, 100 м – поверхность или 150 м – поверхность. В каждой пробе определяли видовой состав, индивидуальные размеры пойманных особей, биомассу каждого вида и общую биомассу.

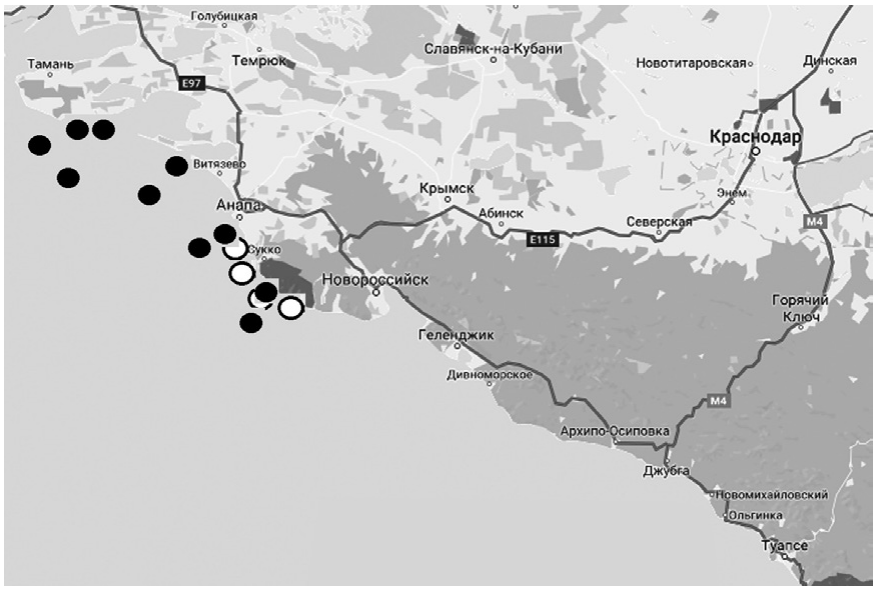


Рис. 1. Район исследований и точки отбора проб

В течение всего периода исследований нами было отмечено пять видов желетелого макрозопланктона: ктенофоры – вселенцы *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) и *Beroe ovata* Bruguière, 1789; автохтонная черноморская ктенофора *Pleurobrachia pileus* Chun, 1880; медузы *Aurelia aurita* (L.1758) и *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778). Последний вид в пробах отсутствовал, но наблюдался визуально в забортной воде.

В феврале в наших пробах присутствовали четыре вида желетелого планктона: *A. aurita*, *M. leidyi*, *B. ovata* и *P. pileus*.

Абсолютным доминантом по биомассе – в среднем 92,11 % общей биомассы желетелого планктона – была *A. aurita*, которая была представлена экземплярами от 30,0 до 250,0 мм.

Мнемиопсис был представлен крупными экземплярами от 35,0 до 75,0 мм и индивидуальной массой от 10,0 до 70 г. Этот вид составлял в среднем 6,31 % общей средней биомассы исследуемой группы.

Два некрупных экземпляра *B. ovata* не вносили значимого вклада в общую биомассу.

Размеры особей *P. pileus* в пробах колебались от 4,0 до 7,0 мм, на долю этого вида приходилось в среднем 0,51 % общей биомассы желетелых организмов.

В апреле 2019 г. на исследованной акватории моря были отмечены три вида этой группы: *A. aurita*, *M. leidyi* и *P. pileus*. Доминирующим по биомассе видом, как и зимой, была медуза *A. aurita* (в 93,75 %). Этот вид отмечался во все отобранных пробах, а при пустых ловах фиксировался визуально в забортной воде. Наиболее многочисленными были особи размером 5,0–40,0 мм (43,6 % всех особей) и 100,0–250,0 мм (35,9 %). Менее многочисленными были особи размером 50,0–75,0 мм (20,5 %). Особи других размеров были представлены единичными экземплярами.

Гребневик *M. leidyi* был отмечен на трех станциях из девяти, его вклад в общую среднюю биомассу был невелик – 6,25 %. Этот вид был представлен немногочисленными экземплярами средних размеров – 50,0–60,0 мм.

Автохтонный черноморский гребневик *Pl. pileus* (единичные экземпляры) встречался на трех станциях.

Биомасса видов, составляющих сообщество желетелого макрозоопланктона зимой и весной 2019 г., приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сроки проведения исследований и биомасса видов желетелого зоопланктона

Вид	Биомасса, мг/м³	
	15–22.02.2019	**12–24.04.2019**
A. aurita	6,242 (1,800–10,733)	16,80 (0,000–101,3)
M. leidyi	0,425 (0,000–0,967)	1,12 (1,760–4,850)
B. ovata	+	–
Pl. pileus	0,034 (0,000–0,67)	+
Общая биомасса	6,733 (1,67–10,733)	17,920 (2,77–105,91)

В 2019 г. вновь отмечено присутствие инвазивной ктенофоры *M. leidyi* в зимне-весенний период у северо-восточного побережья Черного моря. Неоднократное (2012, 2015 и 2019 гг.) обнаружение этого вида в феврале и марте позволяет предположить его круглогодичное присутствие в данном районе, как это отмечалось для Севастопольской бухты [Финенко и др., 2017].

Отмечено аномально раннее появление гребневиков-вселенцев *Beroe ovata* Bruguière, 1789 у северной части кавказского побережья Черного моря. По известным нам литературным данным, взрослые особи берое появляются в северо-восточной части Черного моря в конце июля – середине августа [Виноградов и др., 2000, 2006; Воловик и др., 2000], а начиная с 2010 г. – в июне [Мартынюк, 2017]. Зимовка особей *B. ovata* в северной части Черного моря пока также отмечена только для Севастопольской бухты [Финенко и др., 2017]. При этом, несмотря на раннее обнаружение отдельных особей, в апрельских сборах из Прикерченского района этот вид не играл существенной роли.

Безусловным доминантом по биомассе в сообществе черноморского желетелого макрозоопланктона, как и в прошлые годы, остается медуза *A. aurita*. Интересно, что, успешно конкурируя с гребневиками в Черном море, этот вид крайне редко и в течение ограниченного времени присутствует в Азовском.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аннинский Б.Е.* Эколого-физиологические особенности медузы *Aurelia aurita* (L. 1758) в условиях Черного моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 1989. 20 с.
2. *Арашкевич Е.Г., Луппова Н.Е., Никишина А.Б., Паутова Л.А., Часовников В.К., Дриц А.В., Подымов О.И., Романова Н.Д., Станичная Р.Р., Зацепин А.Г., Куклачев С.Б., Флинт М.В.* Судовой экологический мониторинг в шельфовой зоне Черного моря: оценка современного состояния пелагической экосистемы // Океанология. 2015. Т. 55. № 6. С. 964–970.

3. *Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина Э.А.* Экосистема Черного моря. М.: Наука, 1992.
4. *Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Булгакова Ю.В., Серобаба И.И.* Выедание зоопланктона мнемиопсисом и пелагическими рыбами в Черном море // Океанология. 1995. Т. 35. № 4. С. 569–574.
5. *Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Анохина Л.Л., Востоков С.В., Кучерук Н.В., Лукашева Т.А.* Массовое развитие гребневика *Beroe ovata* Eschsoltz в районе северо-восточного побережья Черного моря // Океанология. 2000. Т. 40. № 1. С. 52–55.
6. *Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Виноградов Г.М. и др.* Мониторинг пелагических сообществ северо-восточной части Черного моря в 2004 г.: макро- и мезопланктон // Океанология. 2005. Т. 45. № 3. С. 381–392.
7. *Шиганова Т.А., Булгакова Ю.В., Воловик С.П., Мирзоян З.А., Дудкин С.И.* Новый вселенец *Beroe ovata* и его воздействие на экосистему Азово-Черноморского бассейна в августе – сентябре 1999 г. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под науч. ред. д.б.н., проф. С.П. Воловика. Ростов н/Д., 2000. С. 432–449.
8. *Мартынюк М.Л.* Особенности развития популяций гребневиков – вселенцев *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) и *Beroe ovata* Mayer, 1912 в северо-восточной части Черного моря // Труды АзНИИРХ. Результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. научных трудов по результатам исследований за 2014–2015 гг. / отв. ред. В.Н. Белоусов. Ростов н/Д.: АзНИИРХ, 2017. Вып. 1. С. 100.

ЭКОЛОГИЯ АМУРСКОГО ЧЕБАЧКА УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ ДОНА

А.В. Старцев[1, 2], А.Ю. Карасёва[2], В.А. Бутова[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
star847@mail.ru

В холодный период с октября по декабрь 2019 г. и с января по март 2020 г. в водотоке дельты Дона Свиное гирло был проведен ихтиологический мониторинг с целью выявления роли инвазионного вида – амурского чебачка – в формировании ихтиологического сообщества на мелководных прибрежных участках. Для облова рыб использовали сетной подхват «паук» площадью 1 м^2 с размером ячеи 3 мм. Для обработки ихтиологического материала применены общепринятые методики. У всех рыб измеряли стандартную длину SL (standart length) – (расстояние от верхнего края рыла до конца чешуйного покрова). Всего было исследовано 637 экз. различных видов рыб, среди них 357 экз. амурского чебачка.

Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846) попал в водотоки дельты Дона в конце прошлого столетия из прудов нерестово-выростных хозяйств, достаточно быстро сформировал устойчивую популяцию в прибрежных системах восточной части Азовского моря и устьевом взморье Дона [Абраменко, 2012]. Являясь пресноводным, может обитать в солоноватых водоемах, в Таганрогском заливе, встречается при солености 5–7 ‰ [Старцев и др., 2019].

Зима 2019/2020 г. была достаточно мягкой, что позволило облавливать рыб прибрежных сообществ без особых усилий на протяжении всего зимнего периода. Всего в контрольных уловах было отмечено 10 видов рыб, из которых плотва, серебряный карась, сазан, красноперка в основном были представлены молодью, не превышающей годовалого возраста.

Основным компонентом рыбного сообщества прибрежной экосистемы оказался амурский чебачок. Его доля составляет практически половину от всех видов рыб, встречаемых в контрольных уловах (рис. 1).

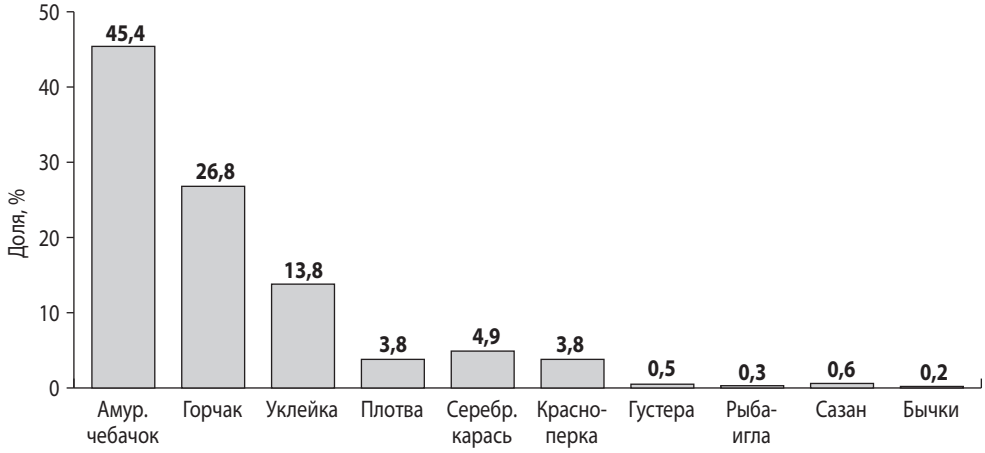


Рис. 1. Состав прибрежного ихтиоцена Свиного гирла в зимний период 2019–2020 гг.

При исследовании сезонного распределения ихтиофауны дельты нами было отмечено, что в середине лета и начале осени чебачок встречается более широко, в том числе на открытых мелководьях восточной части Таганрогского залива (устьевого взморья) [Болтачев и др., 2017; Матишов и др., 2017], а с началом осеннего выхолаживания возвращается к мелководным участкам водотоков дельты.

Результаты исследований показали, что в дельте чебачок активен в течение всего года, проявляет высокую пищевую активность, в том числе и в зимний период: около 30 % исследованных особей имели полное заполнение желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и около 40 % – наполовину заполненный ЖКТ (рис. 2). В характере питания хорошо выражены возрастные изменения. Молодые особи потребляют зоопланктон (Rotifera и Cladocera), а рацион половозрелых рыб состоит из бентоса, преимущественно личинок хирономид (Chironomidae) [Абраменко, 2012].

Рис. 2. Интенсивность питания амурского чебачка в зимний период 2019–2020 гг.

Для выявления физиологического состояния амурского чебачка был рассчитан коэффициент упитанности по Фультону, его пределы варьировали от 0,8 до 2,4 %, средний показатель упитанности составил 1,6 %, что говорит о вполне благополучном состоянии популяции для зимнего периода года.

Ранее нами было отмечено, что в популяции амурского чебачка, обитающего в дельте Дона, наблюдается увеличение среднего показателя длины тела и общих размеров в целом. Так, за последние 10 лет показатели длины тела амурского чебачка увеличились в среднем на 1,8 мм [Старцев и др., 2019]. Зимой 2019/2020 г. длина тела SL варьировала от 3,9 до 9,7, средняя составила 6,2 см (рис. 3). Полная масса тела составляла от 0,8 до 14,9 г, средняя 4,1 г.

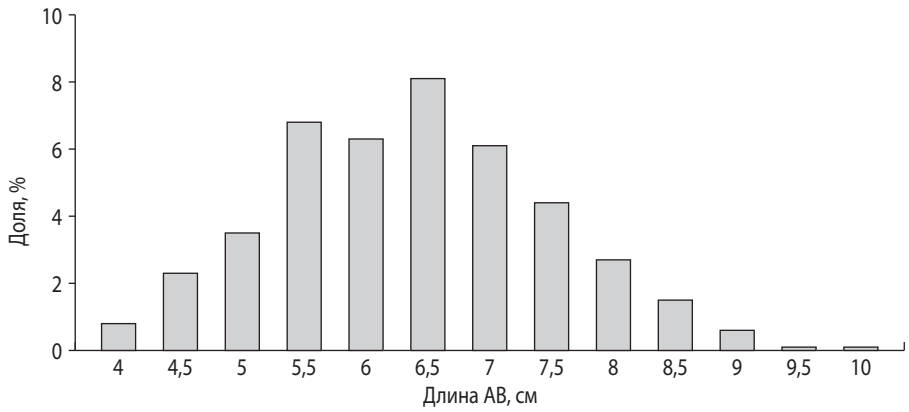


Рис. 3. Размерный состав амурского чебачка в зимний период 2019–2020 гг.

Соотношение самок и самцов в исследуемый период составило 1 : 1. Чебачок созревает на втором году жизни. Нерест в водотоках дельты растянут с мая по август. Икру откладывает в затишных местах, приклеивая ее на различные донные объекты в один слой. Плодовитость составляет 0,4–3 тыс. икринок. Самцы охраняют икру [Васильева, Лужняк, 2013].

Созревание гонад происходит весной с наступлением тепла. Зимой половые продукты находятся в стадии покоя (рис. 4).

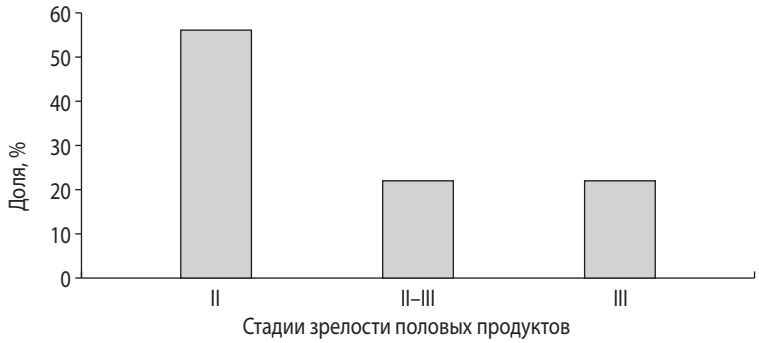


Рис. 4. Состояние зрелости гонад амурского чебачка в зимний период 2019–2020 гг.

В настоящее время можно с полной уверенностью утверждать, что амурский чебачок благодаря высокой экологической пластичности за довольно короткий срок вполне успешно акклиматизировался в дельте и устьевом взморье Дона, пройдя все стадии адаптации, обретя преимущество в конкуренции с другими рыбами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абраменко М.И.* Особенности пищевого поведения амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel 1846) (Cyprinidae: Gobioninae) в новых условиях обитания. Сообщение 1. Хищнические реакции // Вестник Южного научного центра. 2012. Т. 8. № 4. С. 81–87.
2. *Болтачев А.Р., Карпова Е.П., Старцев А.В., Степаньян О.В.* Особенности количественного распределения рыб дельты Дона в теплый сезон 2015 г. // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2. № 3. С. 3–11. DOI: 10.21072/mbj.2017.02.3.01.
3. *Васильева Е.Д., Лужняк В.А.* Рыбы бассейна Азовского моря / под ред. Г.Г. Матишова. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. 272 с.
4. *Матишов Г.Г., Болтачев А.Р., Степаньян О.В., Старцев А.В., Карпова Е.П., Статкевич С.В., Аблязов Э.Р., Прищепа Р.Е.* Современное таксономическое разнообразие и пространственное распределение сообществ рыб и некоторых высших ракообразных экотона эстуарной зоны реки Дон // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 84–101. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-84-101.
5. *Старцев А.В., Корчунов А.А., Рабазанов Н.И., Рабазанов Р.Н.* Экология и распространение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846) как объекта биологической инвазии в дельте и устьевом взморье Дона // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 3. С. 6–16. DOI: 10/18470/1992-1098-2019-3-6-16.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ АЗОВСКОГО МОРЯ В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ И В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Л.А. Беспалова[1], С.В. Бердников[2]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
bespalowaliudmila@yandex.ru

Мониторинг процесса абразии берегов Азовского моря насчитывает более чем 80-летний период. Однако относительно регулярные наблюдения проводятся на азовских берегах с 1980-х годов. Созданная реперная сеть, космомониторинг, использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволили выявить основные природные и антропогенные факторы, способствующие развитию опасных береговых процессов (ОБП) на чрезвычайно отмелых берегах Азовского моря, установить неравномерность их проявления в пространстве и во времени.

В периоды с повышенной активностью проявления ОБП скорости абразии достигали в отдельные годы 8–9 м/год, в периоды снижения – менее 0,5 м/год, при средних скоростях – более 1 м/год.

Рассмотрим основные факторы, ответственные за формирование абразионных и оползневых явлений в береговой зоне Азовского моря.

Тектонические движения земной коры и особенности структуры, создаваемые этими движениями, оказывают существенное воздействие на процессы развития берегов и формирование береговых форм. При средней скорости погружения берегов Азовского моря 2–2,5 мм в год на небольшом промежутке времени тектонические процессы нельзя отнести к активным берегоформирующим факторам. Однако в процессе развития берега в масштабе больших промежутков времени поднятие и погружение суши, несомненно, влияет на формирование берега, создавая условия, в которых протекают активные береговые процессы. Молодой возраст трансгрессии Азовского моря определяет собой и молодость развития морфологических черт берега: преобладание абразионных форм, быстрый темп

абразии [Хрусталев, Щербаков, 1974]. При погружении берега на подводном склоне в течение длительного времени поддерживаются глубины, достаточные для эффективного воздействия волнения на берег, т.е. благоприятствующие процессам абразии. Вместе с тем оценка роли вертикальных движений значительно усложняется эвстатическим повышением уровня водоема, которое качественно вызывает те же явления.

Высокие скорости разрушения азовских берегов прежде всего обусловлены **геолого-геоморфологическими условиями**. Геологическое строение берега, состав и свойства слагающих его пород определяют условия, в которых действуют такие основные берегоформирующие факторы, как волнение, прибой, волновые течения и др. В зависимости от того, к каким породам прилагается энергия морских динамических факторов, будет по-разному проявляться и результат их воздействия. В связи с этим для развития берегов, их динамики и морфологии большое значение имеют геологическое строение и литология пород. Важно знать характеристику устойчивости пород по отношению к деятельности динамических факторов и количества материала, поступающего в береговую зону моря и питающего потоки наносов.

Темп абразии и количество обломочного материала, образующегося в результате абразии, зависят, прежде всего, от состава и физико-механических свойств пород, слагающих берег. Берега Азовского моря на всем протяжении сложены рыхлыми осадочными малоустойчивыми породами: лёссовидными суглинками, скифскими и аллювиальными глинами, песками. Это обусловливает большую активность процессов абразии. Общее количество обломочного материала, поступающего в процессе абразии в береговую зону моря, велико, но вследствие повсеместного распространения мелкозернистых пород – лёссовидных суглинков и глин, характеризующихся большим процентным содержанием глинистых частиц, большая часть его отлагается в глубоководных районах. Береговые потоки наносов получают незначительное количество крупнозернистого терригенного материала. По литологическому составу пород определяют разнообразие береговых процессов и форм. Морфология и морфометрические характеристики береговых обрывов также влияют на степень проявления ОБП. К ним относятся высота и крутизна берегового склона, его устойчивость. Интенсивность абразии при прочих равных условиях значительно больше в случае высоких обрывистых берегов. Высота брегов Азовского моря изменяется от нескольких метров до 25–30 м, на керченских берегах до 40–50 м.

Песчаные отложения в основании береговых обрывов и на дне, а также известково-песчанистые включения береговых пород служат постоянным источником питания берегового и донного перемещения наносов, формирующих аккумулятивные формы, косы и пляжи. Широкие песчаные накопления у основания береговых обрывов в дальнейшем являются причиной замедления темпа абразии.

При широком **пляже** (более 35–40 м) абразия нейтрализуется. Активный абразионный процесс чаще всего развивается на берегах без пляжей, с крутыми обрывами. Но воздействие энергии волн определяется не только шириной, но и составом пляжевого материала: чем он крупнее, тем быстрее происходит гашение волн. Интенсивное разрушение фиксируется на брегах, сложенных скифскими глинами и четвертичными суглинками, перед которыми выработана широкая абразионная терраса – глинистый бенч без осадочного чехла, т.к. содержание пляжеобразующей фракции в материале абразии не высокое (от 5 до 30 %) [Мамыкина, Хрусталев, 1980].

Уклоны подводного склона в море не превышают обычно 0,005. Ширина абразионной террасы может достигать более 2 км. Почему скорости абразии высокие на этих отмелых

берегах, когда выход больших волн невозможен? При стабильном положении уровня моря согласно теории развития морских берегов формирование широкой абразионной террасы должно приводить к затуханию процессов абразии и отмиранию клифов. Однако этого не происходит. Причина – эвстатический подъем уровня моря.

Анализ **изменения уровня** Азовского моря за многолетний период показал, что в современных климатических условиях с 1923 г. уровень повышается в среднем на 0,19 см/год. Следовательно, повышение уровня не способствует затуханию процесса абразии.

Сгонно-нагонные колебания уровня приводят к изменению глубин, способствуют периодическому смачиванию и обсыханию береговых обрывов, изменяют гидродинамическое и фильтрационное давление в породах, что также способствует активизации оползневых процессов и абразии.

Нашими исследования выявлена хорошая корреляционная зависимость между увеличением скорости отступания берегов и проявлением экстремальных нагонных явлений. В последнее время их повторяемость резко возросла. По наблюдениям на реперной сети все экстремумы по скоростям абразии характерны для 2013–2014 гг. В условиях нагона обрушение берега происходит по всему фронту волны на значительном его протяжении и крупными блоками. Необходимо отметить цикличность (10–11-летние циклы) в проявлении ОБП, связанных с экстремальными нагонными колебаниями уровня. Выявлено резкое увеличение скоростей абразии берегов Азовского моря в годы с неблагоприятными и опасными нагонами (по максимальному изменению уровня), что характерно для настоящего периода [Беспалова и др., 2019].

Ветровое волнение является самым активным геоморфологическим фактором, определяющим процессы абразии и аккумуляцию на берегах Азовского моря. Его роль проявляется в механическом воздействии на берег – раздроблении и размыве береговых пород под действием волновой энергии. Другой важной стороной влияния волнения на береговые процессы является формирование продольного и поперечного перемещения наносов в зависимости от угла подхода волн к берегу (скорость абразии выше при величине углов от 15 до 65 градусов). Для многих участков береговой зоны моря волноопасными являются румбы западных и восточных четвертей, они же имеют наибольшую повторяемость в регионе.

Воздействие морских льдов на берега Азовского моря изучено недостаточно. При образовании припая абразия приостанавливается. Но при этом опасным является воздействие дрейфующих льдов на берега – ледовая экзарация. Сильные ветры взламывают припай. На отмелях и у кос происходит торошение льда. Высота торосов достигает, например, на Песчаных островах 10 м, ширина полосы торосов – двух и более километров. Напоры льда на берега кос бывают настолько мощными, что приводят к деформациям пляжей (длиной 1–1,5 км, шириной 20–30 м). Под воздействием сильных ветров лед может наползать на берег на расстояние до 500 м от уреза. В последние годы наблюдается снижение ледовитости и смягчение ледовых условий в Азовском море [Дашкевич и др., 2016], что неизбежно сказывается на условиях и сроках формирования припая, а также воздействии дрейфующих льдов на берега.

Факторы **антропогенного** воздействия на абразионные процессы условно можно объединить в следующие группы:

1) уменьшение твердого стока рек в море из-за гидротехнического строительства плотин и водохранилищ в нижнем течении рек;
2) изъятие осадочного материала: песка, ракуши с пляжей;
3) дноуглубительные работы;

4) экосистемные изменения в структуре бентосных сообществ, играющих важную роль в формировании берегов (смена видового доминирования, вселенцы;
5) распашка склонов и сельскохозяйственное использование водоохраной зоны;
6) строительство на склонах тяжелых конструкций;
7) нерациональная берегозащита.

Таким образом, широкое развитие ОБП обусловлено комплексом факторов, главными из которых является геолого-геоморфологическое строение берегов и экстремальные колебания уровня вместе со штормовым воздействием волн в период нагонов. Антропогенное влияние может быть связано с глобальными, региональными воздействиями, через экосистемные изменения, зарегулирование речного стока, загрязнения среды, так и локальным – нерациональная берегозащита, промышленная и сельскохозяйственная деятельность в берегозащитной зоне, не санкционированное изъятие пляжевого материала и др.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80082.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Беспалова Е.В., Мисиров С.А.* Опасные штормовые нагоны и разрушение берегов Азовского моря // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 2. С. 29–38.
2. *Мамыкина В.А., Хрусталев Ю.П.* Береговая зона Азовского моря». Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 174 с
3. *Хрусталев Ю.П., Щербаков Ф.А.* Позднечетвертичные отложения Азовского моря и условия их накопления. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1974. 149 с.
4. *Дашкевич Л.В., Немцева Л.Д., Бердников С.В.* Оценка ледовитости Азовского моря в XXI веке по спутниковым снимкам Terra/Aqua MODIS и результатам математического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 91–100.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЛЯЖЕЙ И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД АЗОВСКОГО МОРЯ МИКРОПЛАСТИКОМ

А.Е. Глушко, Л.А. Беспалова, А.В. Петько, Г.Г. Шехурдин

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
Arishka.96@list.ru,
bespalowaliudmila@yandex.ru

Наличие частиц микропластика в морской среде стало серьёзной экологической проблемой и предметом интереса многих исследований последнего десятилетия. Пластик играет важную роль в повседневной жизни людей из-за низкой стоимости его производства и универсальности использования. По оценкам исследователей, на пластик приходится от 60 до 80 % морского мусора [Derraik, 2002], распределенного по всему Мировому океану, морям и прибрежным районам мира, что оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды и создает серьезные экологические проблемы, связанные с физико-химическими свойствами пластика, обеспечивающими его долговечность, плавучесть и прочность.

Термин *микропластик* относится к частицам пластика, по размеру меньше 5 мм [Andrady, 2011]. Частицы пластика образуются в результате разрушения и измельчения крупных предметов под воздействием солнца, волн, ветра, перепадов температур и других факторов, а также является основным компонентом продуктов личной гигиены и косметики, которые содержат тысячи микроскопических пластиковых сфер и волокон [Corcoran, 2009].

Объектом исследования являлась Павло-Очаковская коса в Таганрогском заливе Азовского моря. Пляжи Павло-Очаковской косы сложены в основном песчано-ракушечным материалом мощностью в среднем 2–3 м. Отбор проб этих отложений осуществлялся с поверхности на площади 50 на 50 см, объем проб в среднем составлял 0,5 л.

К источникам загрязнения в этом районе относятся судоходство, рекреация и туризм, бытовые и промышленные стоки из прибрежных поселений и городов, берегоукрепления, рыболовство.

Во время экспедиции было обнаружено, что на поверхности пляжа (особенно в районах заплеска) присутствует большое количество мусора различной природы. Помимо выбросов естественного происхождения (ветки, водоросли, перья птиц, останки морских животных и рыб) отмечалось большое количество мелкого мусора, такого как бутылки разных размеров, обломки одноразовой посуды, пакеты, сигаретные фильтры, фрагменты рыболовных сетей и канатов, строительный мусор и др.

С целью получения первой качественной и количественной оценки загрязнения береговой зоны Азовского моря на примере Павло-Очаковской косы различными видами пластика были отобраны образцы песка и воды.

Рис. 1. Места отбора проб (Павло-Очаковская коса Азовского моря)

Отбор пляжевых отложений проводился в различных зонах пляжа (рис. 1):

1. На тыльной стороне пляжа;
2. На линии максимального заплеска;
3. На урезе.

Для отбора образцов были использованы простые приспособления, такие как металлическая ложка, совок, специальные пакеты. Пробы с поверхности воды также отбирались в объеме 0,5 л.

Для дальнейшей обработки образцов в лабораторных условиях был применен модифицированный метод NOAA, который включает в себя следующие этапы: просеивание, плотностное разделение, фильтрование, очистка проб от органического материала, сушка и идентификация микропластика с помощью микроскопа (рис. 2).

Все образцы просушивались и просеивались через каскад сит (0,1–5 мм). Просеянные образцы подвергались плотностному разделению в растворе $ZnCl_2$ (плотностью 1,6/см^3) и очистке проб от органического материала посредством жидкого окисления в 30 % перекиси

водорода и добавлении катализатора Fe II при температуре 75 °С. Большая часть органического материала была растворена, в то время как пластик поврежден не был. После полного остывания исследуемого образца оставшиеся нерастворенные фрагменты подвергаются фильтрации путем пропускания рабочего раствора со всплывшими частицами через мелкоячеистую сетку (100 мкм). После полного высыхания частиц на фильтре путем использования микроскопа (увеличение 40Х) и пинцета описывался обнаруженный в образцах микропластик [Зобков, Есюкова, 2018; Masura et al., 2015].

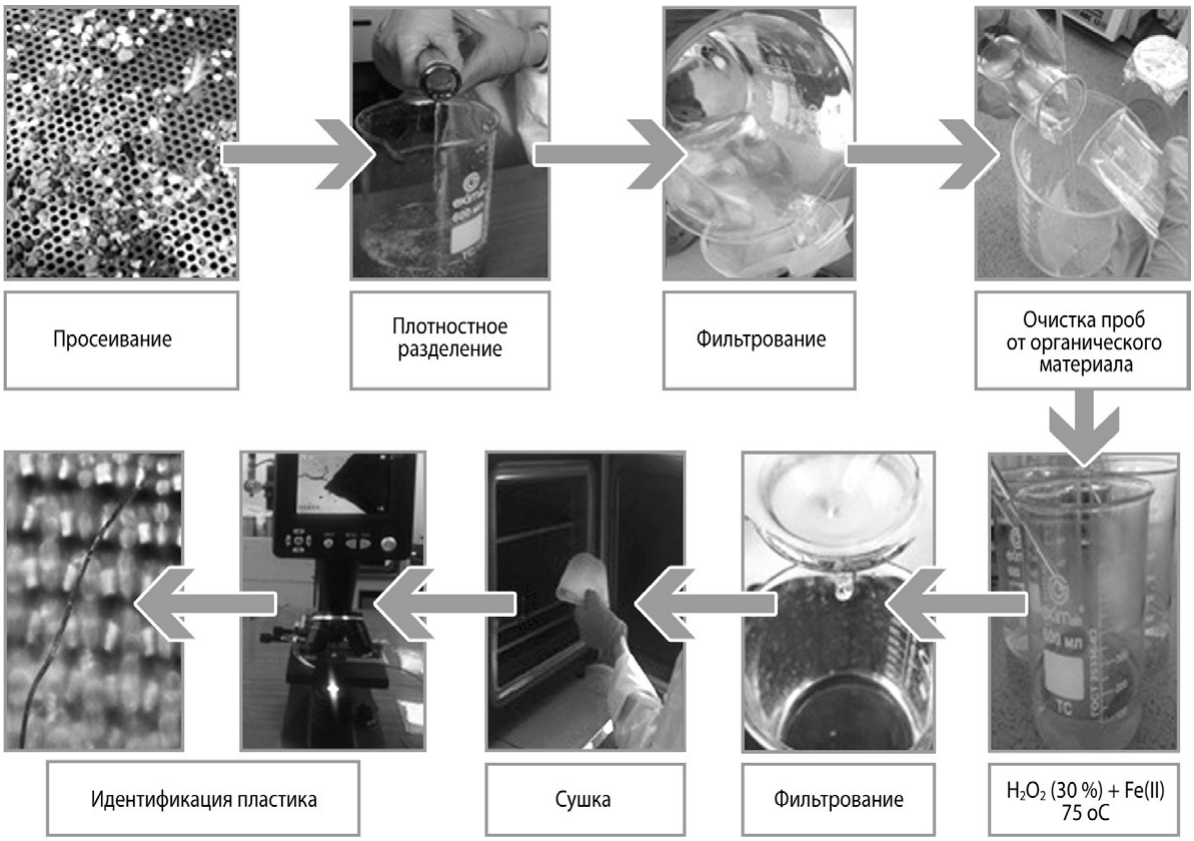


Рис. 2. Процесс обработки образцов (фото А.Е. Глушко)

Анализ показал, что пластиковый мусор встречается в 100 % точек отбора. Большая часть обнаруженных частиц представлена в виде синтетических нитей разных цветов и пленок (табл. 1).

Таблица 1

Качественный и количественный состав микропластика

Форма частиц	Частиц/м^2
Фрагменты пластика (лом)	1–6
Синтетические нити	5–54
Пластиковые пленки	2–14
Вспененный пластик (пенопласт)	0–4

В распределении пластика по профилю пляжа четко прослеживается его накопление на тыльной стороне пляжа, что связано с антропогенной деятельностью, и на линии заплеска, где помимо антропогенной нагрузки также возможно влияние гидродинамики. Соотношение по цветам частиц, как видно на рисунке 3, указывает на то, что прозрачные фрагменты пластика составляли большинство.

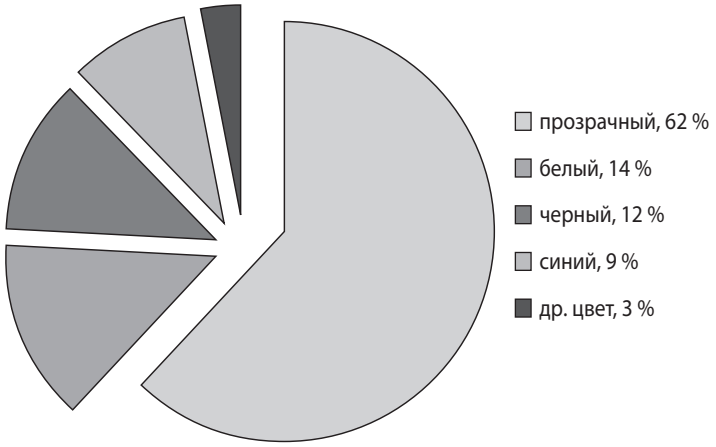


Рис. 3. Цвет частиц

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80082.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зобков М.Б., Есюкова Е.Е.* Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 149–157.
2. *Andrady A.L.* Microplastics in the marine environment // Mar. Pollut. Bull. 2011. Vol. 62, № 8. P. 1596–1605.
3. *Cooper D.A.* Effects of Chemical and Mechanical Weathering Processes on the Degradation of Plastic Debris on Marine Beaches // Electronic Thesis and Dissertation Repository. 2012. Paper 371. P. 219.
4. *Derraik Jose G.B.* The pollution of the marine environment by plastic debris: a review // Marine Pollution Bulletin. 44. 2002. P. 842–852.
5. *Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C.* Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.2015. P. 31.
6. Marine Anthropogenic Litter / Bergmann M., Gutow L., Klages M. (Eds.). Springer, 2015. P. 447.

ВЛИЯНИЕ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЮ ПРОРВ В ПРЕДЕЛАХ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ БЕСПРИЛИВНЫХ МОРЕЙ

А.В. Давыдов[1], Д.А. Черняков[2]

[1]Херсонский государственный университет, г. Херсон, Украина
[2]Черноморский биосферный заповедник, НАН Украины, г. Голая Пристань, Украина
svobodny.polet2012@gmail.com

Прорвы, или проходы (inlet), представляют собой важные структурные элементы береговых абразионно-аккумулятивных или аккумулятивных систем, имеющие вид проливов постоянного или временного характера, соединяющих открытые пространства океанов и морей с более или менее обособленными лагунами или заливами [Зенкович, 1962; Schwartz, 2005; Bird, 2010]. Изучаемые образования выполняют функцию природных каналов, по средствам которых осуществляется связь между сопредельными водоемами в виде обмена водными массами, прибрежно-морскими наносами и различными живыми организмами. Также они имеют важное значение для жизни населения приморских территорий, играя роль сезонных природных навигационных путей. Однако их систематическое использование не всегда представляется возможным, поскольку их расположение и метрические характеристики не фиксированы в пространстве и времени [Зенкович, 1960; Mallinson, 2008].

Генезис и эволюция промывных образований достаточно полно изучены в пределах береговых барьерных систем, развивающихся вдоль побережий океанов и приливных морей [Inman, 1989; FitzGerald, 1996; Barnhardt, 2002; Mallinson, 2008]. В то же самое время аналогичные образования бесприливных морей исследовались эпизодично и не целенаправленно, именно поэтому механизм их формирования и развития изучен крайне недостаточно, ограничиваясь идеей об исключительном значении штормо-волнового фактора [Буданов, 1953; Зенкович, 1960, 1962; Правоторов, 1968; Лонгинов, 1974; Леонтьев, 1975; Шуйский, 1989; Котовский, 1991].

Изучение промывных образований проводилось нами в период с 1992 по 2019 г. за счет анализа специализированной литературы, материалов гидрометеорологических станций и проведения собственных полевых исследований. Полевые работы проводились в пределах аккумулятивных форм Азово-Черноморского региона, среди которых Тендра, Джарылгач, Кинбурнская, Покровская, Бакальская, Обиточная, Бердянская, Белосарайская (все косы), а также Арабатская Стрелка (береговой бар). В течение всего периода изучений мы систематически отслеживали и регистрировали катастрофические нагоны и сильные шторма, а также проводили корреляцию между данными явлениями и метрическими параметрами промывных образований.

Генетическое разнообразие промывных образований. В зависимости от механизма формирования промывные образования мы разделили на четыре типа:

1. ***Штормовые прорвы*** представляют собой промывные формы берегового рельефа, расположенные в районе дистальных оконечностей свободных аккумулятивных

форм (рис. 1). Механизм их образования обусловлен активным штормовым воздействием на оголовок косы, который проявляется на фоне существенного уменьшения мощности вдольберегового потока наносов. В результате происходит утончение тела аккумулятивной формы, учащаются переливы и, как следствие, формируются промоины [Горячкин, 2010]. В морфометрическом отношении промоины могут иметь ширину более 100 м при максимальной глубине около 2 м.

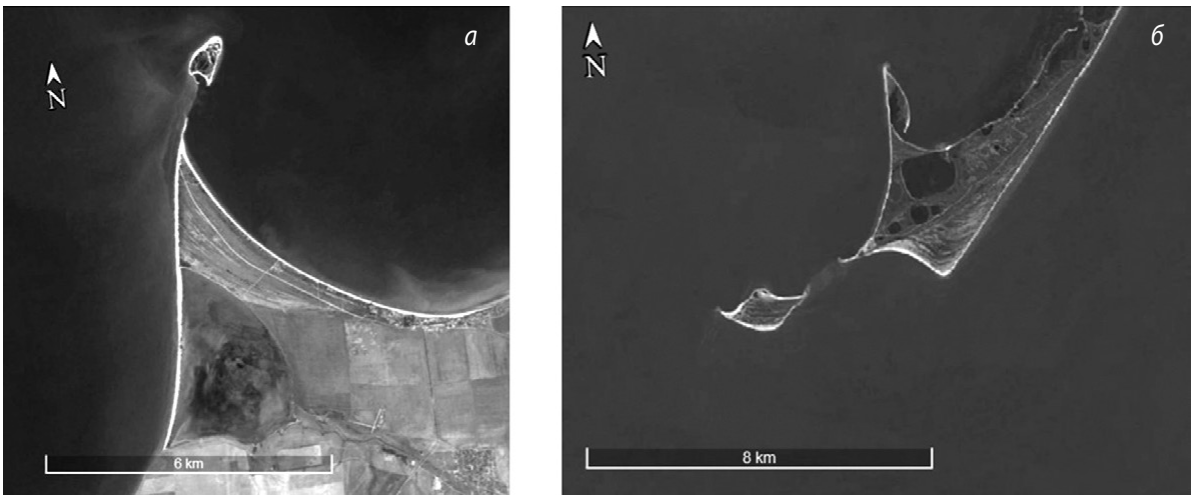


Рис. 1. Штормовые прорвы:
а – Бакальская коса (Черное море);
б – дистальная часть Обиточной косы (Азовское море)
(разработано на базе ресурса Google Earth)

2. ***Штормо-нагонные прорвы*** представляют собой промывные формы рельефа, которые располагаются в пределах узких, срединных частей аккумулятивных форм (рис. 2). По результатам многолетних полевых исследований мы пришли к выводу, что процесс их генезиса и эволюции проявляется в виде четырех последовательных этапов.

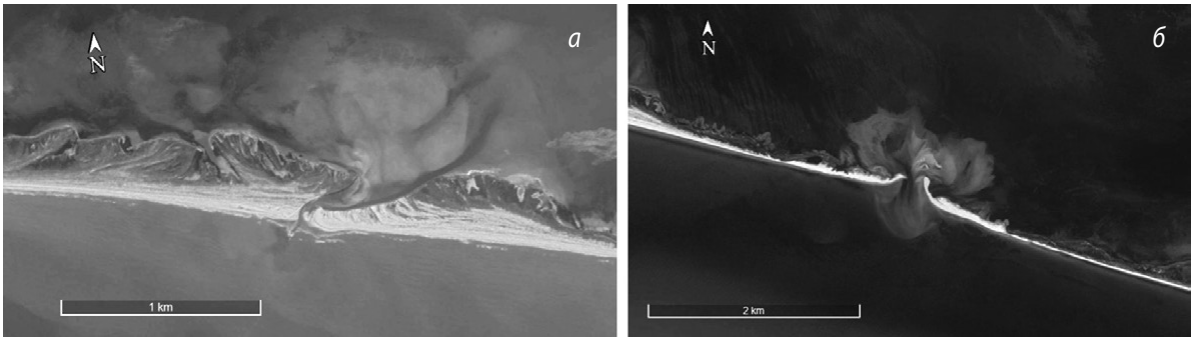


Рис. 2. Штормо-нагонные прорывы в теле Тендровской косы, Черное море:
а – Смаленовская; *б* – Бабинская (разработано на базе ресурса Google Earth)

Этап подготовки условий характеризуется активным размывом подводного склона и уменьшением ширины аккумулятивной формы на отдельных участках фронтального берега.

Этап периодического переливания проявляется в виде активного волнового переплескивания, которое приводит к разрушению растительного покрова лиманной зоны аккумулятивной формы. На этом этапе на подводном склоне тыльной части формируется конус выноса (дельта выноса).

Этап формирования промоин начинается с очень сильного шторма, во время которого в зоне волнового переливания происходит формирование промоины, которая при определенных обстоятельствах может превратиться в прорву (рис. 3) [Борисенко, 1946; Черняков, 1995]. Процесс образования промывных форм находится в прямой зависимости от высоты штормового волнения и от разницы уровней прилегающих водоемов [Правоторов, 1968]. Дальнейшая эволюция промоин зависит от гидрологических условий прилегающих водоемов.

Исследование эволюции промывных образований Тендровской косы (рис. 3) позволяет нам утверждать, что трансформация промоин в прорвы связана с воздействием сгонно-нагонных колебаний, углубляющих ее поверхность и способствующих образованию глубокой ложбины. Под *прорвой* мы понимаем пролив в теле аккумулятивной формы, усложненный глубокой ложбиной и развивающийся в условиях доминирования русловых процессов, обусловленных компенсационными течениями.

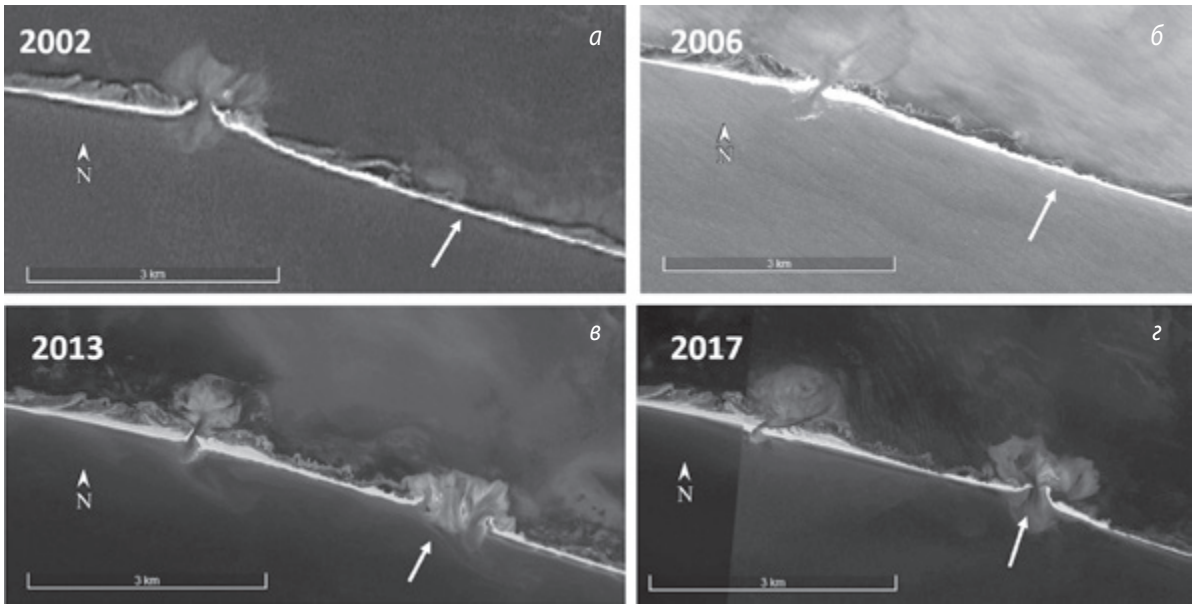


Рис. 3. Возникновение и развитие Бабинской прорвы, коса Тендра, Черное море:
а – этап подготовки условий; *б* – этап периодического переливания;
в – этап формирование промоины; *г* – образование прорвы
(разработано на базе ресурса Google Earth)

Этап закрытия промывных образований проявляется при усилении вдольберегового переноса и отсутствии существенных сгонно-нагонных колебаний. В таких условиях вторичные косы полностью залечивают промывное образование как со стороны открытого моря, так и со стороны лагуны, формируя аккумулятивный выступ с тыльной стороны.

3. ***Нагонно-напорные прорвы*** формируются в прикорневых частях аккумулятивных форм, их генезис связан с проявлением катастрофических штормовых нагонов в акваториях заливов, а эволюция обусловлена воздействием штормовых волны фронтальной части.

При отсутствии прорвы в прикорневой части косы создаются предпосылки для формирования штормовых нагонов, под воздействием ветров определенной ориентации. В условиях катастрофического подъема уровня проявляется напорное давление на тыльную сторону аккумулятивной формы и на определенном этапе происходит перелив нагонных вод в сторону открытого моря. Перелив обладает очень значительной эрозионной силой, способной за очень короткое время (до нескольких часов) создать промывное образование.

В пределах прикорневой части Тендровской косы в период с 2000 по 2005 г. промывные образования отсутствовали. Весной 2005 г. в угловой части одноименного залива произошел штормовой нагон, его высота, по приблизительным оценкам, превышала 3,0 м, а длительность проявления – до четырех часов. При этом фаза подъёма уровня составляла около трех часов, а падения – менее одного часа. Причина быстрого снижения уровня обусловлена прорывом тела косы на прикорневом участке. Из образовавшегося при размыве обломочного материала с морской стороны прорвы был сформирован конус выноса (рис. 4).

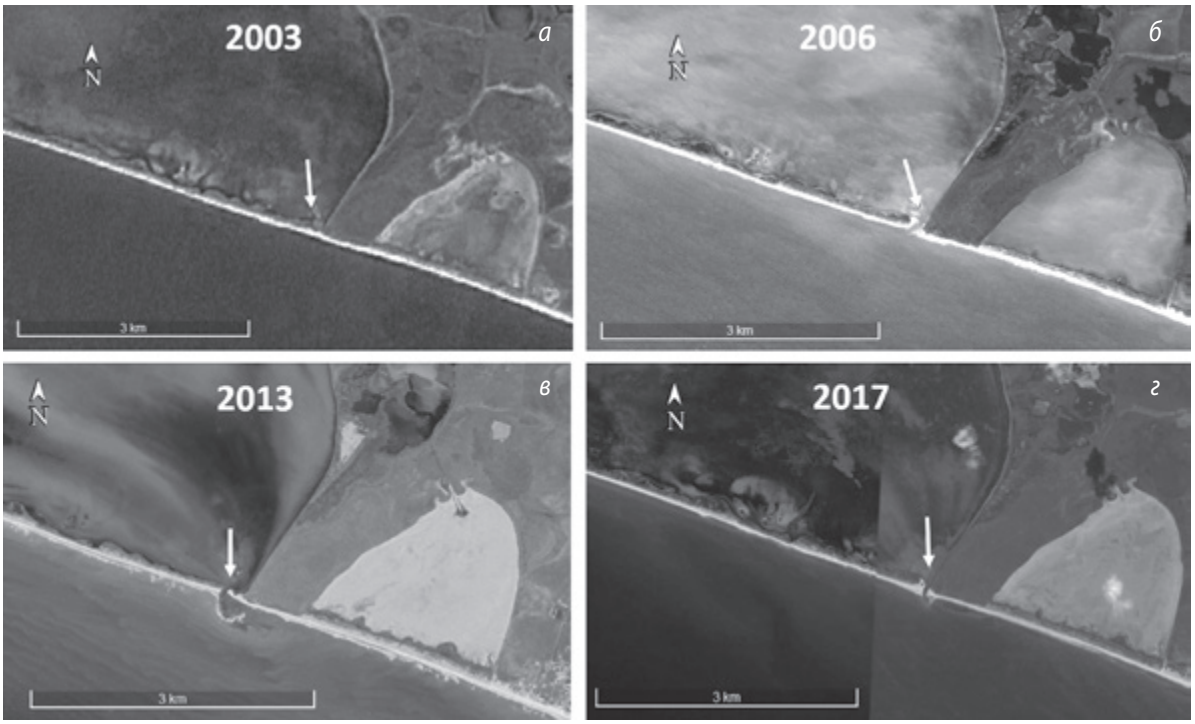


Рис. 4. Пространственно-временная характеристика образования и развития Потиевской прорвы (Тендровская коса, Черное море) (разработано авторами в ресурсе Google Earth)

4. ***Напорно-речные прорвы*** формируются в пределах пересыпей рек, характеризующихся неравномерным стоком. Данные промывные образования представляют собой эфемерные формы рельефа, возникающие при сезонных подъемах уровня рек.

Процесс формирования и развития промывных образований неоднородный и сложный, он находится в прямой зависимости от особенностей проявления штормового волнения и катастрофических нагонов. Однако важное значение также имеют географические, геологические и геоморфологические условия аккумулятивных форм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисенко А.М.* Количественный учет донной фауны Тендровского залива. Карадаг, 1946. 201 с.
2. *Буданов В.И., Ионин А.С.* Аккумулятивные формы и динамика берегов // Природа. № 5. 1953. С. 108–111.
3. *Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Харитонова Л.В.* Оценки параметров потока наносов у западного берега Бакальской косы при прохождении сильных штормов в 2007 году // Морской гидрофизический журнал. 2010, № 5. С. 42–51.
4. *Давыдов А.В.* Влияние штормовых нагонов на развитие берегов с ветровой осушкой // Наукові записки Херсонського відділу УГТ, 2006. Вип. 2. С. 16–18.
5. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 286 с.
6. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
7. *Котовский И.Н.* Морфология и динамика берегов Черного моря в пределах Херсонской области УССР. Автореф. дис. … канд. геогр. наук. Киев: Инст. географии АН Украины, 1991. 19 с.
8. *Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г.* О причинах планетарного распространения береговых баров // Океанология. 1965. Т. V. Вып. 4. С. 653–661.
9. *Правоторов И.А.* О механизме перемещения береговых баров // Вестник МГУ. 1968. Сер. География. 6. С. 75–76.
10. *Черняков Д.А.* Природно-аквальные ландшафтные комплексы Тендровского и Егорлыцкого заливов и мониторинг их состояния в системе Черноморского биосферного заповедника. Автореф. дис. … канд. геогр. наук. Харьков: ХГУ им. А. Горького, 1995. 19 с.
11. *Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В.* Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в северо-западной части Черного моря. М.: Недра, 1989. 198 с.
12. *Barnhardt W.A., Gonzalez R., Kelley J.T., Neal W.J, Pilkey Jr. O.H., Jose H., and Dias J.A.* Geologic evidence for the incorporation of flood tidal deltas at Tavira Island, southern Portugal // Journal of Coastal Research, 2002. Special Issue 36. P. 28–36.
13. Encyclopedia of Coastal Science. Editor: Schwartz M.L. Springer. 2005. 1211 p.
14. Encyclopedia of the World's Coastal Landforms. Vol. I. Editor: E.C.F. Bird. 2010. 1494 p.
15. *FitzGerald D.M.* Geomorphic Variability and Morphologic and Sedimentologic Controls on Tidal Inlets. Journal of Coastal Research. Vol. SI. № 23. 1996.P. 47–71.
16. *Inman D., Dolan R.* The Outer Banks of North Carolina: Budget of sediment and inlet dynamics along a migrating barrier system. Journal of Coastal Research, 5. 1989. P. 193–237.
17. Mallinson, Culver, Riggs, Walsh, Ames, Smith and Members of the North Carolina College of Arts and Sciences and Institute for Coastal Science and Policy. Past, Present and Future Inlets of the outer Banks Barrier Islands, North Carolina. Greenville, NC: East Carolina University, December 2008.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ МОРСКИХ БЕРЕГОВ АБХАЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОРИЧЕСКОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Р.С. Дбар, Р.Ю. Жиба

Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия
ieana-abkhazia@mail.ru

Очертание морской береговой линии Абхазии преимущественно представлено чередованием морфологических элементов контрастных форм, где врезные дуги плавных очертаний сменяются аккумулятивными дельтовыми выступами. Наиболее отчетливо отображаются крупные положительные образования на мелкомасштабных картах Абхазии, сформированные значительными годовыми расходами рек Бзыбь, Гумиста, Кодор. Располагаясь на значительном удалении друг от друга, аккумулятивные выступы разделены заливами (Гагрский, Гудаутский), бухтами неглубокого вреза (Сухумская, Очамчирская), из которых формируется общий контур береговой линии. Общая протяжённость морской береговой линии Абхазии составляет 204 км.

По материалам разновременных аэрофото- и космоснимков и посредством сопоставления их с современным положением уреза воды были определены направленность тенденций и темпы динамики изменении берега.

В работе были использованы сведения, отражающие положение береговой линии за максимально возможный временной интервал, в качестве исходных применялись материалы аэрофотосъёмки 1941 г. (выполненной германскими ВВС в период Великой Отечественной войны) и космические снимки 1960-х гг. (выполненные Геологической службой США по программе CORONA). Сопоставление архивных снимков производилось с ортофотопланом 2014 г. с привязкой в МСК РА 2013.

Одним из существенных преимуществ исторических аэрофотоснимков в сравнении с картографическим материалом аналогичного периода является отражение в них качественных характеристик береговой зоны. С их помощью возможно определить ширину наносного материала на пляже, его протяжённость с морфологическими элементами и очертаниями надводной части морского берега. Также данные материалы отображают морфологические характеристики устьевых участков рек с точным положением устьевого створа относительно к современному, конфигурацией устьевых кос и т.д.

Наблюдается пространственная неравномерность процессов абразии на аккумулятивных берегах, что главным образом связано с рядом природных условий, таких как наличие подводных каньонов, объём поступления пляжеобразующих наносов и удалённость источника наносов, геологическая неоднородность коренных берегов на фоне общего повышения уровня Чёрного моря [Горячкин, Иванов, 2008].

Известно, что береговые морфосистемы с общими литологическими особенностями, волновым режимом, условиями питания, вырабатывают в общих чертах схожий контур береговых линий. Сопоставление разновременных материалов позволяет отметить, что

продолжают происходить схожие морфодинамические процессы. В частности, на западных крыльях Пицундской, Сухумской и Кодорской аккумулятивных дуг происходит отступание береговой линии и нарастание берега на подветренной части от мысов, при этом существующие незначительные различия в индивидуальных очертаниях берегов обусловлены различной топографией подводного склона, расположением и типами приуроченных к ним каньонов.

Участки морских берегов Абхазии, имеющих экспозицию в интервале от 80° до 170°, находящиеся в зоне проникновения преобладающих волнений западных и юго-западных румбов и не закрытые дельтовыми выступами, сохраняют тенденцию к отступанию береговой линии с различной скоростью.

Так, за 70-летний период значительное отступание береговой линии по протяжённости и максимальной ширине были зафиксированы на следующих участках: восточное крыло Гагрского залива протяжённостью абразионного участка 8 км, на котором максимальное отступание береговой линии составило 75 м, берега Бамборского рейда протяжённость 3,5 км максимально отступили на 25 м, техногенные берега на восточном крыле Гудаутского залива протяжённость 3,4 км – на 55 м, общая протяжённость отдельных участков берегов от устья р. Аапста до Сухумского мыса составляет 16 км, где на отдельных участках отступание составило 80 м, а на восточном крыле Очамчирской бухты протяжённостью более 10 км ширина отступания берегов составила максимальные 97 м. Причём на отдельных указанных участках процессы абразии берегов усугубляются влиянием антропогенного фактора. Так, берег Гудаутского рейда общей протяжённостью 2,8 км, укреплённый бунами полного профиля, сохраняет благоприятное состояние на данном участка берега за счёт потерь берегов с подветренной стороны.

Также сопоставление разновременных материалов выявило искусственное смещение устья р. Аапста к западу от старого устья на 650 м. Данное техногенное мероприятие привнесло значительные изменения в транзит наносов и последовала ответная реакция: с наветренной стороны от устья реки стало прослеживаться активное отступание берега.

На берегах Очамчирском рейда поток наносов прерывается защитным молом порта-укрытия, исследования влияния последнего на изменения береговой морфосистемы ведётся с 1933 г. [Пешков, 2005]. При этом исследования с использованием снимков ДЗЗ выявили площадь размыва берега с 1943 г. к юго-востоку от порта в размере 23 га, максимальная ширина отступания 97 м.

Сравнение полученных данных и литературных материалов предшествующих исследований показало, что действительно, на значительной части берегов Абхазии отмечено отступание береговой линии. На основе полученных результатов составлена карта-схема активности проявлений абразионных процессов, определены средние скорости размывов для каждого отдельного литодинамического участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Изменения климата и динамика берегов Украины // НАН Украины. 2008. № 10. 118–122 с.
2. *Пешков В.М.* Галечные пляжи неприливных морей (основные проблемы теории и практики). Краснодар, 2005. 444 с.
3. Project CORONA. URL: http://edcsns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer.

ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

О.Н. Зуб

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
geokub@bk.ru

Природные ресурсы и гидрорекреационный потенциал территорий Азово-Черноморского побережья являются важными факторами туристической привлекательности Краснодарского края и Крыма. При этом прибрежная зона подвергается интенсивной хозяйственной деятельности: вблизи береговой линии возводятся промышленные и гражданские объекты, укрупняются населенные пункты, развивается портовая инфраструктура, ведется добыча природных ресурсов. Необходимость сохранения прибрежных зон и их экосистем обусловливает актуальность исследования опасных береговых процессов и возможностей снижения их негативного влияния на экосистемы.

Геологические изменения, влияющие на развитие опасных береговых процессов Азово-Черноморского побережья, обусловлены землетрясениями, деформацией земной коры, процессами грязевого вулканизма, оползнями, обвалами, береговой абразией, обрушениями, волновыми процессами и пр. Негативное влияние природных факторов усугубляется геохимическими изменениями вследствие вовлечения в деформационные процессы инженерной инфраструктуры прибрежных территорий, одновременно техногенная нагрузка может служить провоцирующим фактором к усилению опасных береговых процессов. Обнажение и разрушение участков нефтегазопроводов, химических и пожароопасных объектов, станций нефте- и газонакопления, территорий хранения отходов приводит к дополнительному высвобождению поллютантов и негативно сказывается на состоянии экосистем [Кофф, 2012].

В настоящее время существенная часть Азово-Черноморского побережья Краснодарского края характеризуется активизацией опасных процессов абразионной переработки пляжной зоны, развитием обвалов и оползней. В результате донные осадки и акватории загрязнены вредными и опасными веществами, болезнетворными бактериями и токсинами. Абразионные процессы регистрируются на протяжении 150 км Черноморской береговой линии и 227 км – Азовской, что приводит к истощению пляжей и размыву пород побережья. Так, ширина пляжей за последние 100 лет на участке Сочи – Туапсе сократилась с 46 до 8 м. Снижение ширины полосы пляжа обусловливает усиленное разрушение штормовыми волнами береговых уступов, что в сочетании с ураганными ветрами стимулирует смещение пород, обвалы и оползни. Дополнительно низменные территории пляжей подвержены затоплениям нагонными и паводковыми водами [Шешеня, 2014].

Аналогично геоморфологическим изменениям прибрежной территории Краснодарского края для Крымского побережья также характерны абразионные, эрозионные, гравитационные, селевые, оползневые, аккумулятивные изменения, а также процессы заболачивания,

засоления и выветривания. Хозяйственно-рекреационная деятельность дополнительно стимулирует опасные береговые процессы, усиление которых в свою очередь негативно сказывается на ведении данной деятельности [Пашкова, 2019].

Влияние техногенной нагрузки на береговые процессы на территории западного побережья Крыма оценивалось в зоне эксплуатации песчаного карьера и возведения портового комплекса в области Донузлавского лимана. Отмечено, что динамическое состояние береговой территории определяется комплексным воздействием абразионно-обвальных, эоловых и аккумулятивных изменений в сочетании с волновыми воздействиями и вовлечением ряда горных пород в гидрогенную переработку. Установлено, что интенсивное разрушение пляжной зоны определяется высокой скоростью абразии низкого песчаного клифа Евпаторского выступа и техногенной добычей песка на территории Донузлавского лимана. Обнаружены значительные концентрации мышьяка, кадмия, свинца, ртути, нефтепродуктов и прочих поллютантов, с наибольшим их содержанием вблизи портовой инфраструктуры [Пасынков, 2016].

Недостаточность береговых укреплений для сдерживания склоновых гравитационных процессов и их значительный износ приводят к резкому ухудшению экологического состояния, деградации и уничтожению прибрежных зон. Вовлечение техногенных объектов в береговые процессы усиливает уничтожение среды обитания и нарушает условия воспроизводства биоты, приводит к распространению чужеродной биоты, конкурирующей за планктонную фауну, что закономерно сокращает популяцию промысловых рыб. Анализ современного состояния береговых процессов требует проведения полномасштабных берегозащитных и природоохранных мер. В первую очередь, необходимо решение задач расширения, восстановления и стабилизации имеющихся береговых зон и создание новых пляжных участков [Шешеня, 2014].

Для оценки текущего состояния береговых процессов и их влияния на состояние экосистем исследуемого побережья рекомендуется проведение трехуровневого мониторинга. Региональный уровень охватывает значительные площади побережий и может опираться на данные спутниковой и инфракрасной съемки, а также на результаты специализированных экспедиций гидрологической, физической, химической, биологической, литодинамической и пр. направленности. Локальный уровень охватывает отдельные прибрежные районы и может опираться на спектрозональные спутниковые исследования и аэрофотоснимки заданных территорий в сочетании с проведением экспедиций. Детальный уровень мониторинга охватывает отдельные участки, значительно влияющие на экосистемы побережья, вследствие изменений, обусловленных как природными, так и техногенными факторами [Пасынков, 2016]. На локальных участках регистрируется состояние эколого-геологических систем, собираются инженерно-геологические сведения о потенциально опасных техногенных объектах, оценивается состав и уровень загрязняющих компонентов в почве, воздухе и воде и их влияние на биоценозы прибрежных экосистем.

Охарактеризованные выше данные о текущем состоянии экосистемы составляют информационную основу для прогнозирования будущих изменений береговых процессов и экосистем. Собранная информационная база обрабатывается с применением различных программных алгоритмов для инженерно-геологического и экологического моделирования изменений и последующего обоснования управленческих решений. Результаты прогностических оценок служат для научного обоснования выбора тех или иных мероприятий инженерной защиты прибрежных территорий от опасных береговых процессов. Завершается цикл мониторинга реализацией управленческих решений для поддержания равновесия

экосистем, реализуются предупредительные и защитные меры для минимизации опасного влияния береговых процессов на экосистемы [Шешеня, 2010].

Таким образом, рассмотрены геоморфологические изменения в прибрежных зонах Азово-Черноморского побережья, влияющие на развитие опасных береговых процессов. Показано, что на состояние прибрежных экосистем влияют абразионные, эрозионные, гравитационные, селевые, оползневые, аккумулятивные и пр. изменения, в т.ч. провоцируемые или вторично усиливаемые хозяйственной деятельностью. Рассмотрены примеры береговых процессов и изменения пляжных зон побережий Краснодарского края и Крыма. Установлено, что существующие укрепления недостаточны для сдерживания береговых процессов, приводящих к ухудшению экологического состояния прибрежных зон. Опасные береговые процессы приводят к уничтожению среды обитания и нарушают условия воспроизводства биоты. Предложен порядок мониторинга береговых процессов и состояния экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кофф Г.Л.* Вопросы экологической безопасности как фактор курортного и туристского освоения Азово-Черноморского побережья в районе прибрежно-шельфовой зоны Краснодарского края // Проблемы безопасности российского общества. 2012. № 3. С. 132–136.
2. *Пасынков А.А.* Методика многоуровненного геоэкологического мониторинга Азово-Черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 1. С. 4–13.
3. *Пашкова Н.Г.* Опасные береговые процессы как основа для определения геоморфологических рисков, оказывающих влияние на развитие прибрежно-морских территорий // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. № 4. С. 160–163.
4. *Шешеня Н.Л.* Системы мониторинга опасных экологических процессов // Экология. Риск. Безопасность: мат-лы межд. науч.-практ. конф., 2010. С. 81–82.
5. *Шешеня Н.Л.* Состояние морского побережья Краснодарского края и его инженерная защита // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 1. С. 57–61.

ВКЛАД РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОЛНЕНИЯ ВО ВДОЛЬБЕРЕГОВОЙ ТРАНСПОРТ ПЕСЧАНЫХ НАНОСОВ

Р.Д. Косьян, Б.В. Дивинский

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Южное отделение, г. Геленджик
rkosyan@hotmail.com

Анапская пересыпь представляет собой открытый участок берега общей длиной порядка 40 км, расположенный в северо-восточной части Черного моря. Дно – песчаное на всем протяжении, пологое в мористой части и с выраженной системой подводных валов на глубинах до 6 м. Общей тенденцией динамики пляжей Анапской пересыпи является повсеместное сокращение их ширины, вызванное как природными, так и антропогенными факторами [Косьян и др., 2012; Крыленко, 2015]. Гидродинамический режим прибрежных вод, выступая в роли природного фактора, формирует существенные вдольбереговые потоки наносов, ответственные за эрозию или аккумуляцию наносов в прибрежной зоне, а также трансформацию береговой линии.

Основным элементом гидродинамического воздействия выступает ветровое волнение, при этом обычной практикой является представление характеристик волнового поля в виде набора интегральных параметров (значительная высота волн, средний период, генеральное направление распространения). Подобный подход оправдан в условиях однородного волнового поля. Если волновой спектр формируется как результат взаимодействия нескольких волновых систем (чисто ветровое волнение и зыбь), то представляется вполне естественным получить раздельные волновые статистики для каждой из них. Разделение волнового поля на отдельные компоненты позволяет более корректно описать пространственно-временную структуру поверхностного волнения, а также существенно уточнить схемы перераспределения и транспорта донных осадков в прибрежной зоне.

Основной целью работы является анализ климатической изменчивости вдольбереговых потоков донных отложений в прибрежной зоне Анапской пересыпи.

Исходя из поставленных целей, исследования проводились в несколько этапов:

1. Путем математического моделирования определены параметры компонентов поверхностного волнения (чисто ветрового волнения и зыби) за климатический отрезок времени с 1979 по 2018 г.;
2. Обработаны данные ежегодных промеров дна в районе Анапской пересыпи за период с 2013 по 2018 г. Батиметрическая съемка осуществлялась в июне каждого года на одних и тех же 46 разрезах. Разрезы, расположенные по нормали к берегу, начинались практически от уреза и доходили до глубин порядка 8–10 м;
3. По контрольным нормальным к берегу створам рассчитаны вдольбереговые потоки наносов за период с января 2013 г. по май 2018 г. Эти потоки определяют объем песчаных отложений, вовлеченных во вдольбереговой транспорт. Разница в объемах между соседними створами определяет баланс между поступившим и вынесенным с конкретного полигона материалом.

На рисунке 1 отмечены основные элементы, использованные при анализе вдольбереговых потоков:

– 46 ежегодных (с 2013 по 2018 г.) экспериментальных профилей морского дна;
– 9 модельных створов;
– точка в прибрежной зоне, в которой определялись параметры поверхностного волнения.

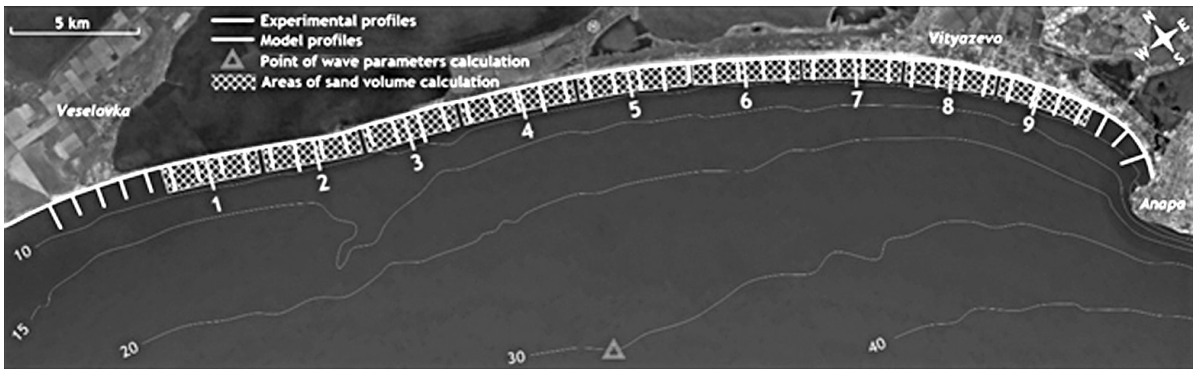


Рис. 1. Батиметрическая карта в районе Анапской пересыпи,
а также основные элементы, использованные при анализе вдольбереговых потоков

Исследования транспорта наносов в прибрежной зоне ведутся с помощью математической модели, позволяющей рассчитывать поток несвязного материала под воздействием течений и ветрового волнения. Транспорт осадков представляется в виде:

$$Q = \frac{l}{\rho}\int_0^h U_{\text{mean}} C(z)dz, \tag{1}$$

где l – длина рассматриваемого профиля, ρ – плотность осадков, U_{mean} – осредненная по глубине скорость вдольберегового течения, C – концентрация взвешенных веществ, h – глубина.

Осредненная скорость вдольберегового течения оценивается по формуле [Longuet-Higgins, 1970]

$$U_{\text{mean}} = 0.25k_v\sqrt{\gamma_b g H_b \sin 2a_b}, \tag{2}$$

где k_v – константа, γ_b – параметр обрушения, H_b – высота волн в точке обрушения, a_b – угол между нормалью к берегу и фронтом волны в точке обрушения. Параметры волн в точке обрушения оцениваются методом, изложенном в [Larson, 2009]. Вертикальный профиль концентрации взвешенных веществ описывается формулой Р. Косьяна [Kosyan, 1985]

Основным результатом расчетов являются объемы вдольбереговых потоков наносов как в пределах выбранного штормового события, так и интегрированные за интересующий интервал времени (конкретный календарный год).

Расчеты выполнены раздельно для двух основных составляющих поверхностного волнения: чисто ветровых волн и зыби. В работе используются рассчитанные поля параметров ветрового волнения для всего Черного моря за период 1979–2017 г. [Divinsky, Kosyan, 2017; 2018]. Расчеты произведены с использованием современной спектральной волновой модели DHI MIKE SW на основе данных глобального атмосферного реанали-

за ERA-Interim. Используемые в дальнейшем параметры волн извлечены из общего массива данных для точки с координатами 36.97 °E и 44.96 °N, расположенной на глубине 30 м. Временна́я дискретность рядов – 1 час.

На рисунке 2 приведены розы ветрового волнения, зыби и общего волнения за период 1979–2017 гг.

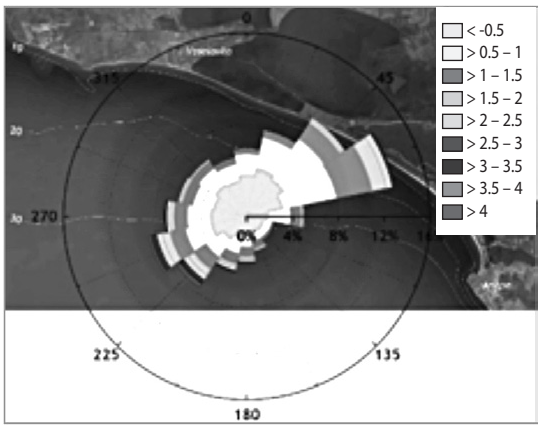
Как следует из рисунка 2, самыми волноопасными для Анапской пересыпи являются шторма ЗЮЗ и ЮЗ направлений, вызывающие мощный вдольбереговой поток наносов, направленный с СЗ на ЮВ. Распространение волн зыби ограничено сектором ЮВ – ЮЗ.

Построенные графики повторяемости волнения по направлениям дали основание заключить, что практически для всех направлений за период с 1979 по 2017 г. обнаруживается **уменьшение** повторяемости по направлениям распространения при одновременном **увеличении** значительных высот волн (осредненных для конкретных направлений). Единственное исключение – возросшая повторяемость волн зыби для ЮЮВ сектора, причем данный рост не связан с локальными условиями волнообразования, а определяется общим усилением восточной составляющей ветра для всего Черного моря.

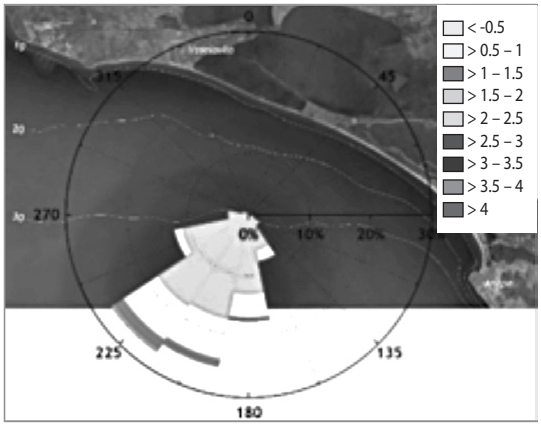
Таким образом, в качестве начальных волновых условий для модели транспорта донных осадков служат рассчитанные ряды значительных высот волн, средних периодов и направлений распространения волн (отдельно для ветровых волн и зыби).

Проведенные в 2013–2018 гг. натурные исследования позволили построить подробные батиметрические карты прибрежной части Анапской пересыпи и оценить таким образом реальные объемы перемещенного вдоль подводного склона песчаного материала.

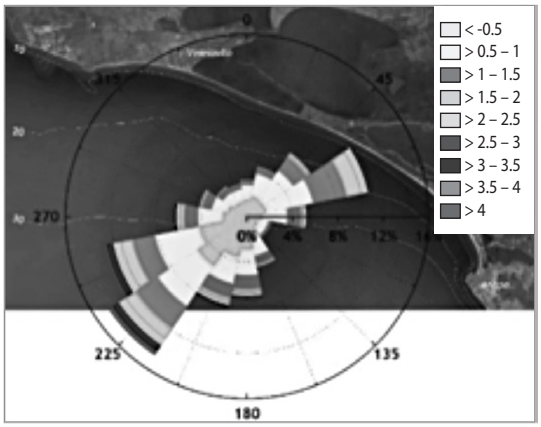
Проведенные исследования показали, что предложенная модель корректно воспроизводит динамические процессы, связанные с перераспределением донного материала



Ветровое волнение



Зыбь



Общее волнение

Рис. 2. Розы волнения в районе Анапской пересыпи за последние 39 лет

вдоль Анапской пересыпи. При этом, как правило, лучше моделируется направление процесса (эрозия или аккумуляция), несколько хуже – абсолютные величины деформаций дна.

Итогом проведенного моделирования стали интегральные годовые оценки вдольбереговых потоков песчаных наносов в прибрежной зоне Анапской пересыпи за период с 1979 по 2017 г.: в потоках, направленных с СЗ на ЮВ, доминирует влияние ветрового волнения. Вклад зыби составляет ~25 % в СЗ части рассматриваемого побережья и уменьшается до 6–7 % в ЮВ части. Для потоков, направленных с ЮВ на СЗ, ситуация обратная. В ЮВ части вклад зыби в среднем превышает 50 % и лишь незначительно уменьшается в СЗ направлении. В отдельные годы вдольбереговые потоки, направленные с ЮВ на СЗ, могут практически полностью определятся воздействием зыби (до 67 %).

Заметим также, что вклад отдельных штормов (как, например, в январе 2000 и ноябре 2007 г.) может составлять четвертую часть общего среднегодового потока наносов. Врезультате одного январского шторма 2000 г. сформировалась зыбь, которая перенесла практически треть донного материала из общего баланса 2000 года.

Отметим основные особенности вдольбереговых потоков наносов в прибрежной части Анапской пересыпи:

1. Средние (т.е. характеризующие порядок величин) объемы материала, перемещающиеся вдоль берега: с СЗ на ЮВ – 30 000 м^3/год, с ЮВ на СЗ – 12 000 м^3/год. В отдельные годы потоки могут увеличиваться (или уменьшаться) в 2–2,5 раза.
2. Практически по всей протяженности пересыпи наблюдается преобладание потока наносов, направленных с СЗ на ЮВ. Исключением является южная часть пересыпи, примыкающая к Анапе, для которой характерно в среднем превалирование потока с ЮВ на СЗ. Смена знака генерального переноса наблюдается южнее п. Витязево.
3. Наблюдается сильная межгодовая изменчивость потоков. В северной части пересыпи размах межгодовых вариаций потоков, направленных с СЗ на ЮВ, может достигать порядка 30 000 м^3/год. С продвижением в южном направлении амплитуда межгодовых колебаний этих потоков существенно снижается. Для потоков, направленных с ЮВ на СЗ, картина обратная: максимальные межгодовые колебания проявляются в южной части пересыпи и уменьшаются с продвижением на север.
4. В потоках, направленных с СЗ на ЮВ, доминирует влияние ветровых волн. Вклад зыби составляет ~25 % в СЗ части рассматриваемого побережья и существенно уменьшается в ЮВ части (до 6–7 %). Для потоков, направленных с ЮВ на СЗ, вклад зыби довольно стабилен. В ЮВ части вклад зыби в среднем превышает 50 % и несколько уменьшается в СЗ направлении. Отметим, что в отдельные годы вдольбереговые потоки, направленные с ЮВ на СЗ, могут практически полностью определяться воздействием волн зыби (до 67 %).
5. Одиночные штормовые события могут в значительной степени определять литодинамический облик прибрежной зоны. При этом вклад отдельных экстремальных штормов в среднегодовые потоки наносов может достигать порядка 25 %.

Постановка задачи исследования выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80035. Сбор материалов для статьи выполнен при поддержке проектов РФФИ № 19-05-00041, 19-45-230001 и 20-05-00009. Математическое моделирование и анализ результатов проведены при поддержке Российского научного фонда, проект № 20-17-00060.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косьян Р.Д., Крыленко В.В., Куклев С.Б.* Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // Природа. 2012. № 2 (1158). С. 19-28.
2. *Крыленко В.В.* Динамика морского берега Анапской пересыпи // Океанология. 2015. Т. 55, № 5. С. 821–828.
3. *Divinsky B.V., Kosyan R.D.* Spatiotemporal variability of the Black Sea wave climate in the last 37 years // Continental Shelf Research. 2017. 136. P. 1–19.
4. *Divinsky B., Kosyan R.* Parameters of wind seas and swell in the Black Sea based on numerical modeling // Oceanologia. 2018. V. 60. P. 277–287.
5. *Kosyan R.* Vertical distribution of suspended sediment concentrations seawards of the breaking zone // Coastal Engineering. 1985. V. 9. P. 171–187.
6. *Larson M., Hoan L.X., Hanson H.* Direct formula to compute wave height and angle at incipient breaking // J. Waterway, Port, Coast., Ocean Eng. 2009. 136 (2). 119–122.
7. *Longuet-Higgins M.S.* Alongshore currents generated by obliquely incident sea waves // Jour. Geophys.Res. 1970. 75. 6788–6801.

ОЦЕНКА РИСКА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

В.В. Кулыгин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kulygin@ssc-ras.ru

Береговая зона характеризуется высокой интенсивностью процессов трансформации вещественных и энергетических потоков на стыке суши и водного объекта. С этим связана специфика возникающих здесь опасных природных явлений, представляющих угрозу для населения и природопользования. Кроме того, приморские территории – это пространство с развитой экономической деятельностью, поэтому важно иметь оценки возможных ущербов (рисков). Размер этих ущербов является функцией от интенсивности и частоты опасных явлений, структуры природопользования. Поэтому ведение безопасной и эффективной хозяйственной деятельности на побережьях морей невозможно без изучения опасных природных явлений и оценки их вероятных последствий.

Побережье Таганрогского залива характеризуется высокой плотностью населения и хозяйственной освоенностью. Существенные материальные ущербы от недавних опасных природных явлений [Матишов и др., 2017] определяют актуальность оценки рисков в этом регионе.

Объектом исследования является комплексная система береговой зоны, где размещены разнообразные природные и антропогенные объекты и взаимодействуют природные, экономические и социальные процессы. Предмет исследования – это оценка риска природных опасностей в береговой зоне. Риск рассматривается как сочетание вероятности наступления неблагоприятных событий и их последствий.

Для береговой зоны водоемов и Таганрогского залива в частности характерны следующие типы природных опасностей: метеорологические, гидрологические, геологические.

К опасным метеорологическим явлениям относятся такие явления погоды, как сильный ветер (в том числе шквал, ураганный ветер), туманы, ливневые осадки и грозы, град, метель, изморозь, гололед. Для северного берега Таганрогского залива все перечисленные опасные метеорологические явления имеют высокую повторяемость, особенно те, которые возникают в зимний период времени [Беспалова и др., 2015].

Наверное, наиболее значимыми по воздействию на жизнедеятельность людей в береговой зоне являются гидрологические опасности: морские и речные наводнения, сильное волнение, интрузия морских вод в реки и в приморские водоемы, опасные ледовые явления и т.д. Для Таганрогского залива характерны наводнения морского генезиса в результате штормовых нагонов, также сопровождающиеся поступлением морских вод в дельту р. Дон. Малые размеры Азовского моря и его мелководность ограничивают развитие ветрового волнения, наиболее крупные волны достигают здесь высоты 3–3,5 м. В последние годы наблюдается снижение ледовитости и смягчение ледовых условий в Азовском море [Дашкевич и др., 2016].

По своему происхождению геологические опасности береговой зоны подразделяются на эндогенные (глубинные) и экзогенные (поверхностные) процессы и явления. Среди эндогенных геологических процессов наибольшее значение имеют неотектонические процессы, землетрясения и вулканическая деятельность. Опасные экзогенные процессы протекают на поверхности и в приповерхностной зоне земной коры. К ним относятся абразия, эрозия, карст, сели, оползни, обвалы, осыпи, снежные лавины и т.д. В береговой зоне Таганрогского залива наиболее распространенными геологическими опасностями, наносящими ущерб, являются абразия берегов и гравитационные процессы (оползни и обвалы).

Разнообразие природных опасностей, характерных для береговых зон, определяет необходимость учета их связей в рамках концепции мультиопасных явлений. Мультиэффекты от одновременного/последовательного наступления нескольких типов опасностей могут играть ключевую роль в оценке риска. Так, например, наибольшие скорости абразии имеют место при прохождении сильных циклонов, приводящих также к значительному волнению и нагонам.

Для корректной оценки рисков в береговой зоне Таганрогского залива необходима инвентаризация всех объектов, попадающих в зону воздействия природных опасностей. Для этого в социально-экономической системе выявляются субъекты (реципиенты) риска и определяются для них виды потенциального ущерба. Объекты, подверженные опасности, расположены в области прибрежного природопользования, включающей населенные пункты, портовые районы, рекреационные зоны и часто выходящей за границы береговой зоны (объекта исследований морской геоморфологии).

Побережье Таганрогского залива сравнительно однообразно. Высокие и обрывистые северный и южный берега прорезаны оврагами и балками. От обоих берегов выступают косы. В южный берег вдается мелководный Ейский лиман. Низкий берег вершины залива представляет собой дельту р. Дон. На побережье Таганрогского залива расположены три крупных населенных пункта с портами и промышленными районами: Мариуполь, Таганрог, Ейск. Таким образом, можно выделить следующие типы вдольбереговых зон, подверженных воздействию природных опасностей: пляж, побережье, низинные устьевые (дельтовые) участки рек, портовые и промышленные районы.

На пляжах, как правило, присутствуют разнообразные объекты туристическо- рекреационной инфраструктуры. Наибольшее их число (в том числе капитальные строения) расположено на косах как наиболее привлекательных объектах отдыха.

На побережье в непосредственной близости к береговому уступу по большей части расположены населенные пункты или земли сельскохозяйственного назначения. В этих районах опасности подвергаются объекты городского хозяйства, построенные у края берега с активными оползневыми и абразионными процессами.

Устьевые области рек наиболее уязвимы к гидрологическим опасностям, возникающим как со стороны реки, так и со стороны моря. Негативному воздействию в первую очередь подвергаются экосистемы водно-болотных угодий, а также населенные пункты, расположенные в дельте р. Дон.

Участки берегов, относящиеся к крупным населенным пунктам с портовыми и промышленными районами, обычно сильно антропогенно преобразованы. Здесь расположено много разнообразных объектов экономики, но, как правило, присутствуют берегозащитные сооружения.

В последние десятилетия береговая зона Таганрогского залива испытывает всё возрастающее негативное воздействие природных процессов. Наиболее опасными из них, нанося-

щими наибольший ущерб, являются морские наводнения и эрозионное обрушение берегов. Одним из подходов к исследованию подобных опасностей и риска является вероятностная оценка проявления этих процессов.

Для анализа последствий наводнений может быть использована модель из работы [Кулыгин, 2018].

В свою очередь, мерой физических и экономических рисков абразионной опасности являются безвозвратные потери прибрежных территорий с расположенными в их пределах объектами экономики. При этом ни воздействие на людей (социальный риск), ни препятствия ведения экономической деятельности не рассматриваются. Ожидаемый ущерб (риск) рассчитывается как суммарная стоимость потерянной земли и объектов, попавших в зону воздействия. Таким образом, величина риска напрямую зависит от скорости разрушения берега, выраженной через величину отступания береговой линии.

Пространственная неравномерность процессов абразии связана с неоднородностью геологических условий (литологических особенностей пород, современных тектонических движений), на фоне которых по-разному проявляется действие гидродинамических факторов: колебаний уровня моря, ветро-волновых процессов, перемещения наносов и т.д. Поэтому для корректной оценки скорости абразии была разработана пространственная вероятностная модель, на основе байесовской сети.

В рамках этой модели были выделены следующие факторы, участвующие в оценке скорости абразии: литологический состав и состояние пород береговых обрывов («Геологическое строение»); высота и крутизна берегового склона («Геометрия склона»); ударная сила волн («Волновое воздействие»); тип хозяйственной деятельности на побережье («Тип землепользования»). В свою очередь эффективность волнового воздействия зависит от частоты возникновения ветров эффективных направлений («Ветровая активность») и величины эвстатического подъема уровня («Подъем уровня»). Пляж выполняет защитную функцию, однако в период сильных штормов пляж полностью заливается водой и волны достигают основания клифа. При наличии пляжа достаточной ширины (более 20 м) энергия штормовых волн практически полностью гасится в его пределах. Наличие инженерных средств берегозащиты выступает дополнительным защитным фактором.

Модель последовательно применяется для выделенных участков берега. Результаты работы (распределение вероятностей скорости абразии) передаются в геоинформационную систему, в которой определяются объекты, попадающие в зону воздействия, и рассчитывается риск абразионного процесса.

Недоучет опасности природных явлений приводит к существенным последствиям, которые могут состоять в значительных материальных потерях (вследствие строительства социальных и промышленных объектов в границах действия негативных процессов). Поэтому оценке риска должно быть уделено особое внимание в рамках концепции морского пространственного планирования как современному подходу к управлению хозяйственной деятельностью в целях устойчивого развития территорий, имеющих прямой выход к морю.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80082.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспалова Л.А., Иошпа А.Р., Кропянко Л.В., Авакова А.Г.* Опасные погодные явления Азово-Черноморского побережья Ростовской области и Краснодарского края // Естеств. и техн. науки. 2015. № 11. С. 272–276.
2. *Дашкевич Л.В., Немцева Л.Д., Бердников С.В.* Оценка ледовитости Азовского моря в XXI веке по спутниковым снимкам Terra/Aqua MODIS и результатам математического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 91–100.
3. *Кулыгин В.В.* Совместное использование байесовских сетей и ГИС для оценки рисков штормовых нагонов в дельте р. Дон // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23. № 2. С. 92–107.
4. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Яицкая Н.А.* Природные катастрофы в Азово-Черноморском бассейне в начале XXI века. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 160 с.

ЛЕДЯНЫЕ ТОРОСИСТЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В УСЛОВИЯХ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ И ЛЕДОВИТОСТИ

А.А. Магаева[1,2], С.А. Огородов[3], С.А. Мазнев[3], Н.А. Яицкая[4], С. Вереняев[5], А. Сигитов[5], Е. Кадранов[5]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[3]Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, г. Москва
[4]Субтропический научный центр РАН, г. Сочи
[5]LLP ICEMAN.KZ, г. Шымкент, Казахстан
ogorodov@aha.ru, a.magaeva@mail.ru, svmaznev@gmail.com

Каспийское море – самое крупное в мире солоноватое озеро, мелководная и заметно опресненная северная часть которого ежегодно замерзает. Ледовые условия Северного Каспия, площадь, толщина и торосистость ледяного покрова отличаются существенной межгодовой изменчивостью, обусловленной неустойчивым гидрометеорологическим режимом в холодный период года. Ледяной покров Северного Каспия в период наибольшего развития может достигать берегов Махачкалы на западном побережье и Форт-Шевченко на восточном. На Среднем Каспии лед появляется вдоль побережий лишь в особо суровые зимы, в южной части льда не бывает совсем [Гидрометерология … 1992].

Основными динамическими факторами, влияющими на формирование и динамику ледяного покрова Северного Каспия, являются ветер и колебания уровня (краткосрочные и долгосрочные). Эти факторы в совокупности определяют ледовитость и распределение льда в акватории, его толщину и степень торосистости. Взлом и торошение льда наиболее часто наблюдаются в зоне контакта припая и дрейфующего льда. В результате того, что положение кромки припая в течение холодного сезона постоянно изменяется, полоса активного торошения захватывает большую площадь. Следствием этих процессов является формирование гряд торосов, перпендикулярных направлению ветра как на границе устойчивого, так и в зоне неустойчивого припая [Огородов, 2011]. При посадке торосов на грунт и последующем их нагромождении на мелководье образуются стамухи. Подвижки ледяных образований (торосов и стамух) приводят к механическому выпахиванию дна, образованию специфических ледово-экзарационных форм.

Изменения климата оказывают заметное влияние на состояние ледяного покрова и условия экзарации дна [Огородов и др., 2018]. На Северном Каспии от года к году положение стамух и зон наиболее интенсивной экзарации постоянно меняется в зависимости от степени суровости зимы. В то же время при одном типе зим на положение стамух и интенсивность ледово-экзарационного процесса влияние оказывает текущее положение уровня моря и локальные факторы, рельеф дна, скорость и направление ветра [Бухарицин и др., 2015]. Таким образом, область массового формирования торосов и стамух так же, как и зона наиболее интенсивного воздействия на дно, при прочих равных гидрометеорологических условиях должна пространственно перемещаться вслед за изменением

текущей глубины моря. Подтвердить или опровергнуть данное утверждение – основная цель настоящей работы.

В ходе исследования были проанализированы уровень моря, ледовитость и местоположение стамух Северного Каспия. Источниками данных стали:

1. Портал ЕСИМО (http://portal.esimo.ru/portal/). Данные об уровне моря в п. Махачкала. Уровень Каспийского моря очень непостоянен и характеризуется как долгосрочными, так и краткосрочными (сгонно-нагонные явления) изменениями. Ввиду этого в настоящей работе рассматривались средние значения уровня за зимний сезон (с ноября по март).
2. Площадь ледяного покрова получена из реанализа OSI-450. Это вторая версия SI SAF Global Sea Ice Concentration Climate Data Record (SIC CDR v2.0), которая охватывает временной период с 1979 по 2015 гг. Данные представлены в открытом доступе в сети Интернет по адресу ftp://osisaf.met.no/reprocessed/ice/conc/v2p0 в формате NetCDF4. Пространственный охват – весь земной шар, разрешение – 25×25 км, проекция – Lambert Azimutal, временное разрешение – сутки.
3. Карты ледовой авиаразведки 1973–1980 гг. Сбор и обработка данных выполнены в ходе создания ГИС «Ледовый режим южных морей России» [Yaitskaya et al, 2014].
4. Данные мониторинга положения стамух, основанные на дешифрировании спутниковых изображений (в основном Sentinel-1, применимые Sentinel-2 and Landsat) с 2013 по 2019 г., полученные LLP ICEMAN.KZ.

Обработка и анализ данных о местоположении стамух проводились в среде ArcGIS 10.3: оцифровано местоположение стамух за вышеуказанные периоды; с помощью инструментов пространственного анализа данных выполнена оценка расстояния местоположения стамух до береговой линии (относительно уровня минус 28,0 м Каспийского моря). Данные об особенностях ледовых условий и распространении ледяных образований на акватории были сопоставлены с цифровой моделью рельефа дна (ЦМР) Северного Каспия, созданной в НИЛ геоэкологии Севера.

В результате выполнена оценка местоположения стамух Северного Каспия за 1973–1980 и 2014–2019 гг., характеризующиеся различными положениями уровня моря. Для этого учитывались в основном данные, относящиеся к умеренному типу зим, так как они были представлены в каждом из этих периодов (табл. 1).

Таблица 1

Гидрологические параметры и местоположение стамух Северного Каспия

Параметр / Период	1975/1976	1977/1978	1973/1980	2014/2015	2018/2019	2013/2019
Ледовитость (среднее значение), %	47	58	61	57	40	46
Уровень моря, см (среднее значение за зимний период на ГМС Махачкала)	–28,99	–29,0	–28,8	–27,8	–28,0	–27,7
Расстояние до береговой линии, км	25,6	41,3	27,7	36	27,8	24,9
Глубина, м	2,2	4,0	3,0	3,3	2,3	2,3

Анализ распределения глубин (рис. 1), на которых располагаются стамухи, показал, что в 1973–1980 гг. зона максимальной концентрации сместилась на 1 м по глубине и приходилась на 1,0–6,0 м с пиком в интервале 3,0–3,5 м. Для периода 2013–2019 гг. характерно аналогичное положение зоны максимальной концентрации стамух в районе 1,0–6,0 м, но пик при этом сместился в сторону мелководья, в интервал 1,5–2,0 м. При этом в 1973–1980 гг. стамухи распространялись до глубин 11 м, а в 2013–2019 гг. лишь до 9,5 м. Стоит отметить, что в период 2013–2019 гг. положение уровня моря было выше >0,5 м, а площадь ледяного покрова при этом сократилась на 15 % по сравнению с 1974–1980 гг. В 2013–2019 гг. стамухи стали располагаться ближе к берегу. Если в 1973–1980 гг. наблюдалось распределение с максимумом в интервале 5–10 км и постепенным уменьшением концентрации стамух, то в 2013–2019 гг. наблюдается близкое к логнормальному распределение с максимумом в интервале 10–25 км и резким уменьшением количества стамух на расстоянии более 25 км от берега.

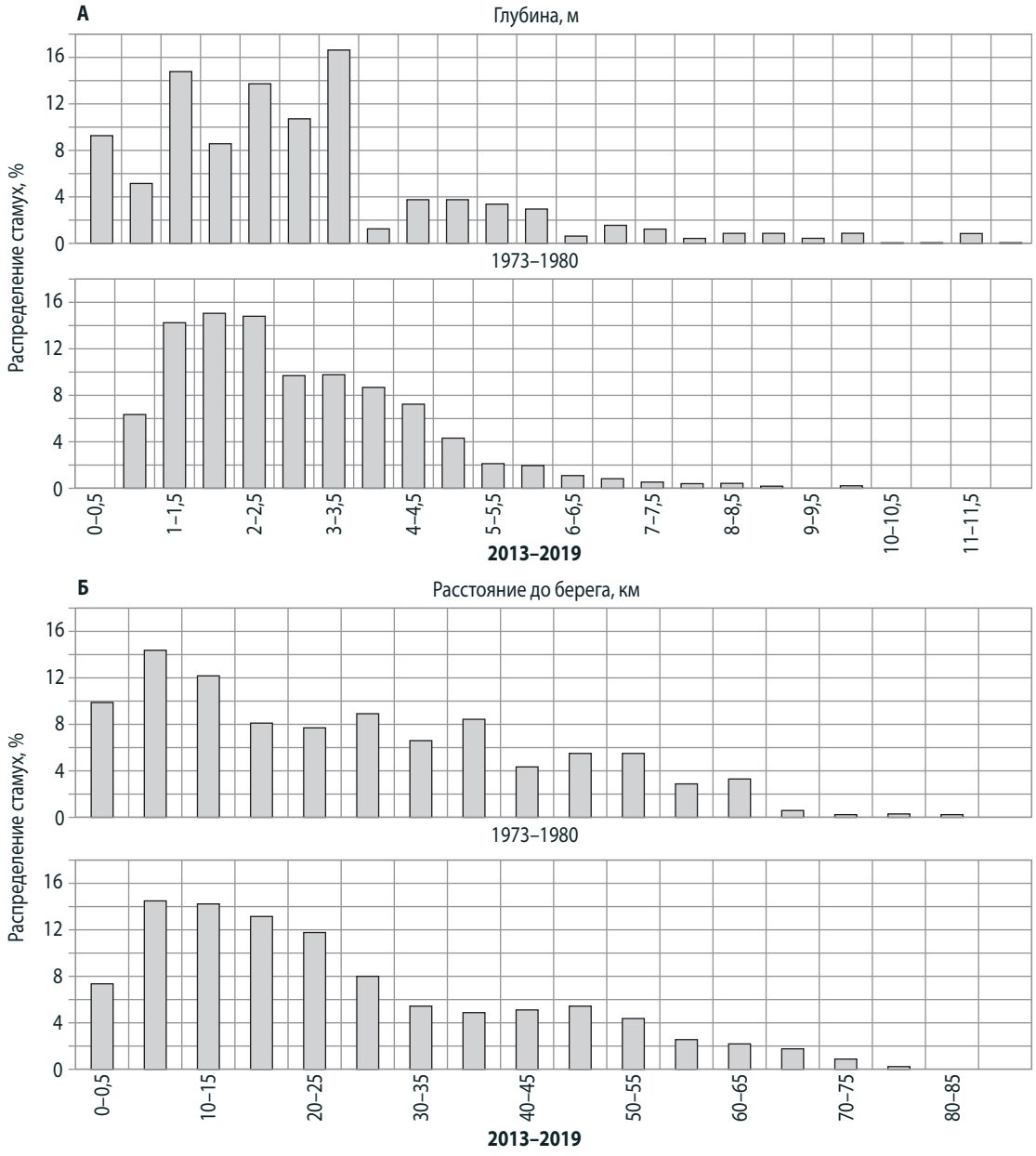


Рис. 1. Распределение стамух по глубинам (А) и расстоянию до берега (Б)

Относительно 1973–1980 гг. в 2014–2019 гг. стамух стало больше в районе мелководья дельты Волги, а также на мелководьях восточной части Северного Каспия (на участке от устья Урала до северного побережья полуострова Бузачи). Также необходимо отметить концентрацию стамух в районе Малой и Средней Жемчужной банок (рис. 2). На западе Северного Каспия редкие стамухи в 2013–2019 гг. образуются на глубинах более 4 м, тогда как в 1973–1980 гг. распространены на глубинах до 11 м и более, что, скорее всего, связано с бóльшей площадью ледяного покрова и низким положением уровня моря. В то же время в восточной части Северного Каспия, в пределах Уральской бороздины, глубина которой составляет 5–8 м, и её окружения, концентрация стамух практически не изменяется с годами за оба периода. При этом в западной мелководной части стало образовываться большее количество стамух. Также большое количество стамух стало образовываться к северо-востоку от Тюленьих островов, чего раньше не наблюдалось. Возможно, небольшие стамухи, образующиеся в этом районе, не отмечались при проведении авиаразведок.

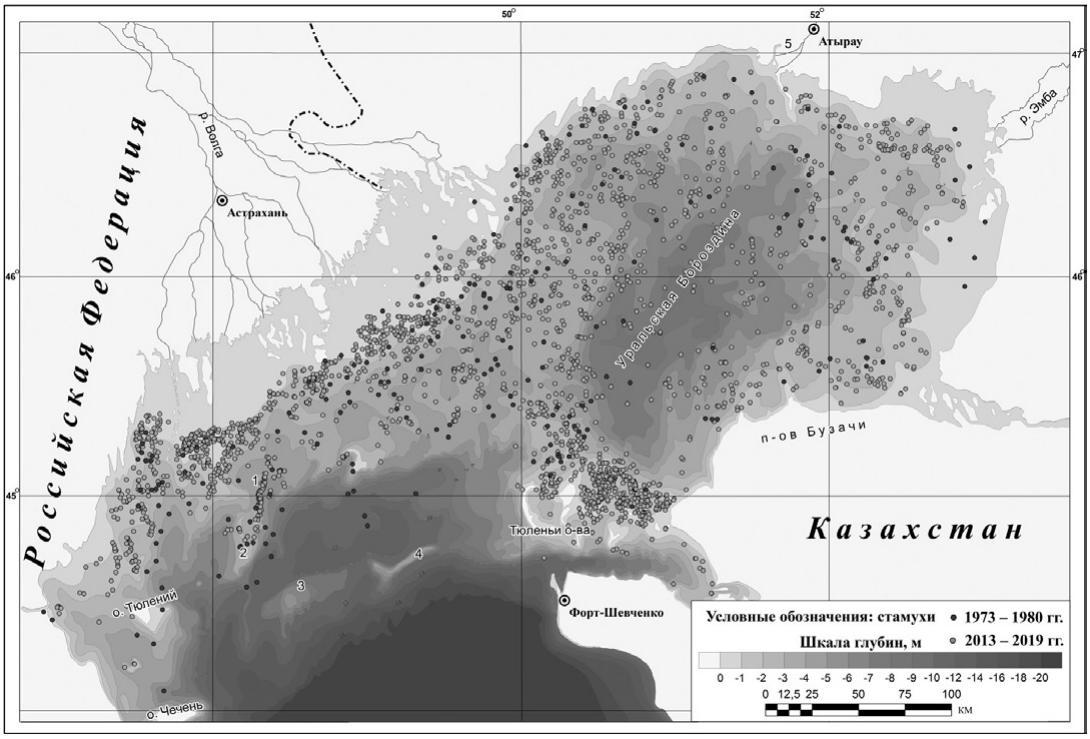


Рис. 2. Местоположение стамух Северного Каспия. Цифрами обозначены:
1 – Малая, 2 – Средняя и 3 – Большая Жемчужные банки; 4 – Кулалинская банка; 5 – р. Урал

Анализ местоположения стамух на Северном Каспии по глубине и расстоянию до берега при разных положениях уровня и ледовитости показал (табл. 1), что обе характеристики в равной степени оказывают влияние на локализацию стамух. При этом при равных ледовых условиях ключевую роль играет положение уровня моря, что было отмечено ранее в работе [Бухарицин и др., 2015] и что подтверждают полученные нами данные за 1977/1978 и 2014/2015 гг. (табл. 1). При прочих равных ледовых условиях положение стамух определяется уровнем моря: зона их массового образования обычно синхронно смещается вместе с миграцией береговой линии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-35-50086.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В.* Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2015. №. 2. С. 101–108.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI. Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 360 с.
3. ЕСИМО [online]. URL: http://portal.esimo.ru/portal/ (дата обращения: 10.02.2020).
4. *Огородов С.А.* Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во Московского университета, 2011. 173 с.
5. *Огородов С.А., Архипов В.В., Баранская А.В., Кокин О.В., Романов А.О.* Влияние изменений климата на интенсивность экзарации дна ледяными торосистыми образованиями // Доклады Академии наук. 2018. Т. 478. №. 4. С. 473–477.
6. OSI SAF [online]. URL: ftp://osisaf.met.no/reprocessed/ice/conc/v2p0 (дата обращения: 10.02.2020).
7. *Yaitskaya N., Lychagina Yu., 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 Is. 11. P. 2771–2777.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО БЕРЕГА) ПРИ ПОМОЩИ ГИС И ДЗЗ

С.А. Мисиров[1], А.А. Магаева[1,2], А.Е. Цыганкова[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
samir.misirov@yandex.ru, a.magaeva@mail.ru, aetsygankova@yandex.ru

Береговая зона Таганрогского залива Азовского моря поражена комплексом опасных экзогенных геологических процессов (ОБП), таких как абразия, оползни, широкое развитие овражно-балочной сети. Мониторинг ОБП проводится на протяжении 60 лет. В основе лежат данные наблюдений на реперной сети, состоящей из более чем 36 опорных точек. Но существует как минимум две проблемы: 1 – это большое расстояние между реперными точками, что дает увидеть проблему точечно, а не на всем протяжении участка; 2 – труднодоступные участки и дороговизна работ, связанных с мониторингом. Одним из способов решения этих проблем является использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в особенности архивных данных ДЗЗ, исторических картосхем и т.д., что позволяет уточнить имеющиеся данные полевых наблюдений и в результате оценить проблему не точечно, а на всем протяжении участка побережья.

Цель проводимых исследований – отработка методики оценки динамики береговой линии Таганрогского залива на основе исторических космических снимков и ГИС-технологий.

Используемые данные:

– архивные данные дистанционного зондирования Corona – источник исторической спутниковой информации среднего и высокого разрешения, находится в открытом доступе [Архив данных …];
– снимки искусственных спутников Земли (ИСЗ) – Spot-1, Sentinel 2. Эти данные также находятся в открытом доступе и имеют географическую привязку, в отличие от данных Corona [Архив данных …].

Каждый снимок Corona проходил процедуру географической привязки, которая осуществлялась по опорным точкам, таким как водонапорные башни, здания, вертолетные площадки и другие крупные стационарные объекты, которые присутствуют на современных и исторических космических снимках.

Далее проводилась оцифровка кромки клифа на масштабах 1 : 500, 1 : 1500, 1 : 2000. Полученные береговые линии использовались для расчета пространственно-временной динамики берега за период с 1967 по 2020 г. с помощью программного обеспечения Digital Shoreline

Таблица 1

Разновременные спутниковые снимки, использованные для оценки динамики северного берега Таганрогского залива

№	Название спутника	Дата съемки	Разрешение (м)
1	Corona KH-4B	23/09/1967	2
2	Corona KH-9-10	1/7/1975	8
3	Spot CIB-110	17/10/1986	10
4	Sentinel-2	19/01/2020	10

Analysis System (DSAS) v5. Это надстройка к Esri ArcGIS Desktop 10.4–10.6, которая предоставляется на бесплатной основе [Геологическая …]. DSAS позволяет вычислить статистику скорости изменений из нескольких исторических позиций береговой линии на основе построенных разрезов (трансектов)? перпендикулярных берегу, с заданным шагом [Himmelstoss et all, 2018].

Для оценки динамики береговой линии был выбран участок Северного побережья Таганрогского залива от пгт Седово до с. Беглица. Длина участка составляет 50 км. Трансекты для исторических береговых линий исследуемого участка были построены с шагом 10 м (рис. 1). После чего были рассчитаны скорости абразии за временной период с 1967 г. по 2020 г. (рис. 2).

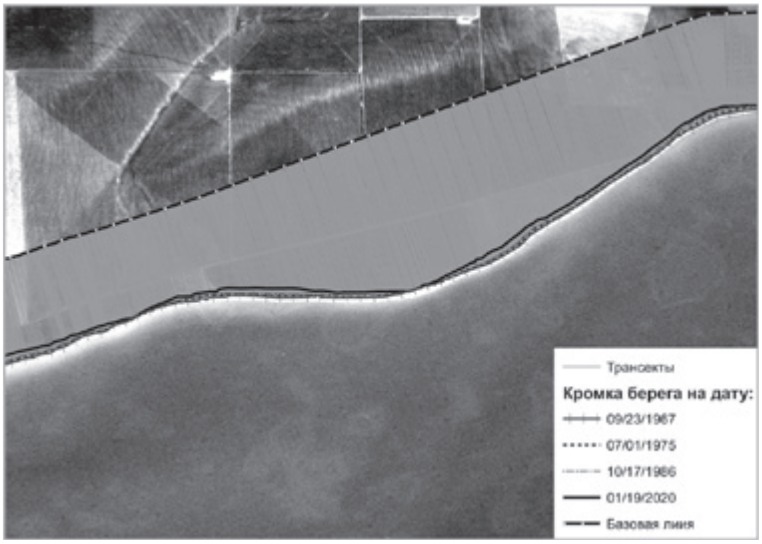


Рис. 1. Слой трансект и береговые линии

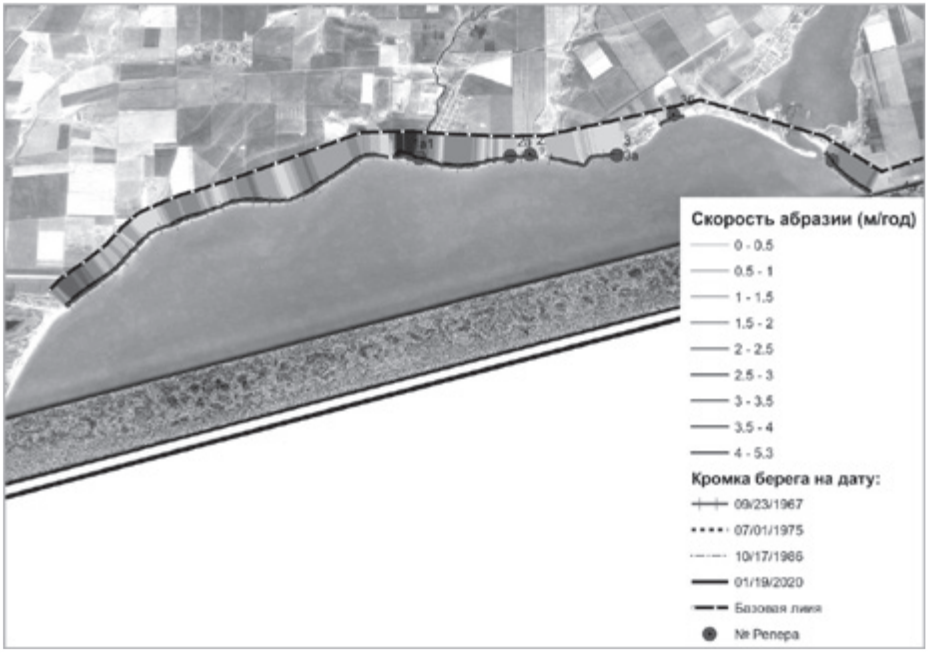


Рис. 2. Скорости абразии для участка северного берега Таганрогского залива

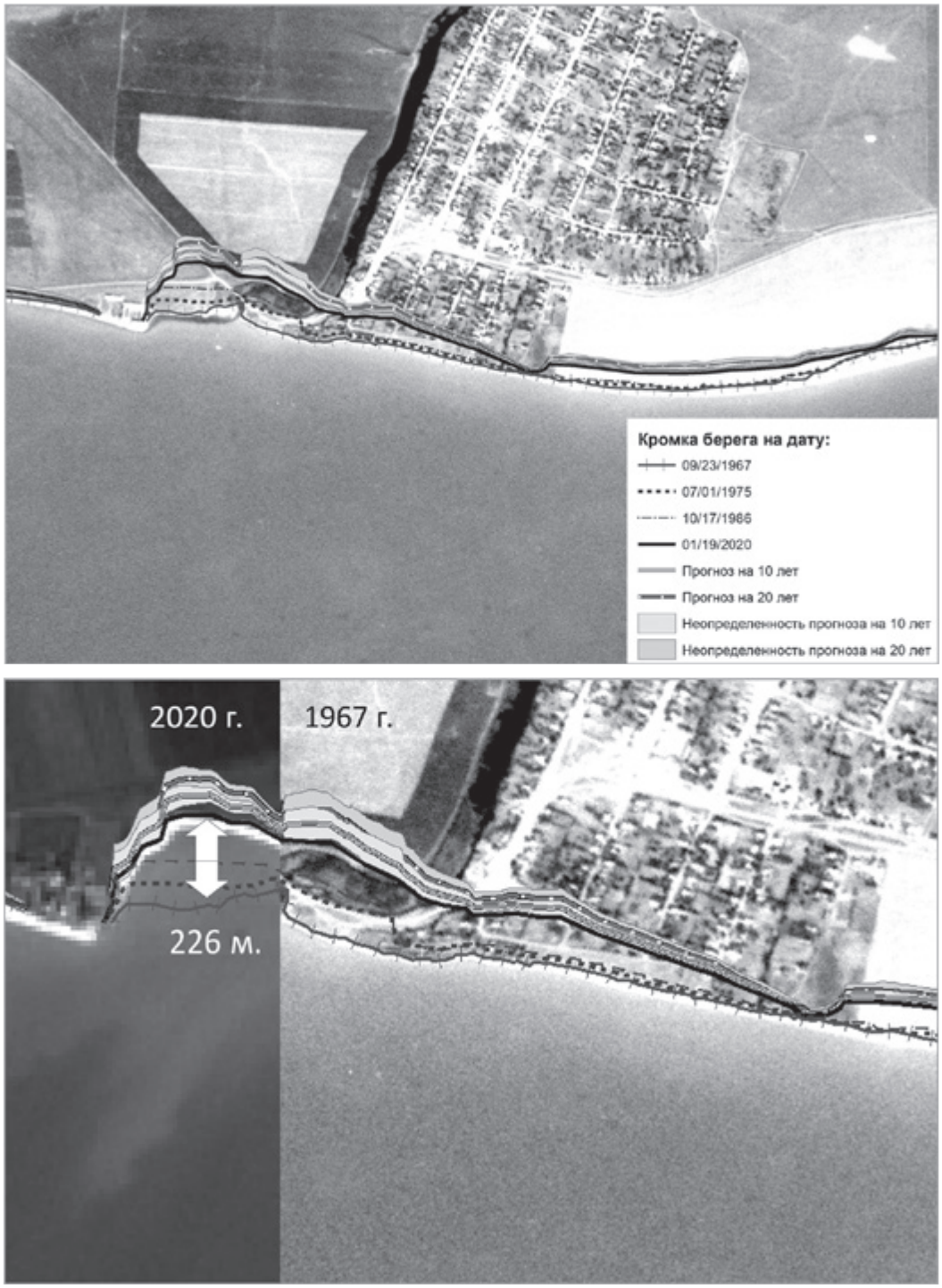


Рис. 3. Динамика изменения берега в районе с. Весело-Вознесенка во времени

Всего по участку было получено около 3500 значений скорости абразии, отступания берега за временной период с 1967 по 2020 г. В результате оценки динамики береговой линии были выявлены участки с наиболее интенсивным проявлением абразионных процессов – участок протяженность 1,7 км в пределах с. Всело-Вознесенка, где скорость размыва составляет 4–5 м/год (рис. 3). Минимальные скорости абразии отмечены на участке длиной 1,9 км на окраине х. Рожок.

Полученные данные позволяют оценить динамику береговой линии за исследуемый период, а также согласуются с данными мониторинга на реперной сети Южного федерального университета [Матишов и др., 2016].

Следующий этап исследования предполагает расчеты движения береговой линии для южного побережья Таганрогского залива.

Исследование выполнено финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80082.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив данных дистанционного зондирования Земли геологической службы США. URL: https://earthexplorer.usgs.gov/
2. Геологическая служба США – Цифровая система анализа береговой линии (DSAS). URL: https://www.usgs.gov/centers/whcmsc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
3. *Himmelstoss E.A., Henderson R.E., Kratzmann M.G., and Farris A.S.* 2018. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179. 110 p. URL: https://doi.org/10.3133/ofr20181179.
4. *Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В.* Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486. DOI: 10.7868/S086956521634020X

РАСЧИСТКА ОТ ЗАИЛИВАНИЯ, НАНОСОВ ПЕСКА И ГРУНТА ПРЕДУСТЬЕВЫХ И УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ р. МЫШКОВА (ЦИМЛЯНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ)

Д.С. Помазков, А.Ю. Карасёва

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
danil.pomazkov@gmail.com

Заиление русла реки может быть вызвано увеличенным поступлением продуктов эрозии с водосбросной площади, которое, как правило, связано с распашкой значительных площадей, вырубкой лесов и лесонасаждений, наращением водоохранных зон, отсутствием рациональной агротехники и др. Данный процесс даже при неизменном режиме стока приводит к тому, что транспортирующая способность речного потока оказывается недостаточной для переноса взвесей, поступающих в поток. Излишки взвеси осаждаются в речном русле, вызывая его заиление.

Значительное количество взвешенных веществ может поступить в водоток с неочищенными сточными водами, а также с поверхностным стоком с городских и селитебных территорий, промплощадок животноводческих комплексов и т.п.

Сбросы неочищенных сточных вод являются долговременными и поэтому опасными источниками заиления и загрязнения русла водного объекта. Мельчайшие частицы взвеси, попадающие в водоток из источников загрязнения, медленно осаждаются в русле, создавая загрязненные зоны «шлейфа» на участках значительной протяженности [Жукова, 2006].

Учитывая тот факт, что в настоящее время водохозяйственная обстановка в бассейне Цимлянского водохранилища характеризуется как напряженная и обусловлена продолжающейся серией лет пониженной водности, возникает необходимость в проведении работ, направленных на улучшение экологического состояние водного объекта (рис. 1) [Водохозяйственная … 2020].

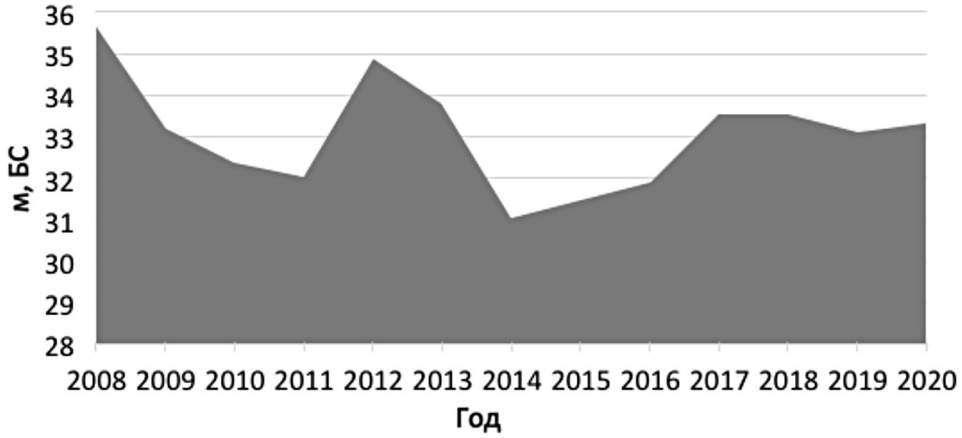


Рис. 1. Динамика уровня воды в Цимлянском водохранилище

Улучшение экологического состояния Цимлянского водохранилища за счет проведения работ по расчистке от заиливания, наносов песка и грунта предустьевых и устьевых участков рассмотрено на примере расчистки реки Мышкова.

Река Мышкова протекает в Светлоярском, Октябрьском и Калачевском районах Волгоградской области, является левым притоком Дона, впадает в Цимлянское водохранилище (рис. 2).

Рис. 2. Река Мышкова

Рассматриваемый участок р. Мышкова располагается в Калачевском и Октябрьском районах Волгоградской области. Начало и конец участка расчистки показаны на рисунке 3.

Рис. 3. Картографические данные участка расчистки на р. Мышкова

Проектной документацией предусмотрена расчистка русла реки Мышкова от входа в устье до разветвления, образовавшегося в маловодный 2015 год (рис. 4, табл. 1, 2). Рельеф

на прилегающей территории спокойный, территория не застроена, опасные природные и техноприродные процессы, влияющие на формирование рельефа, на участке изысканий визуально не выявлены.

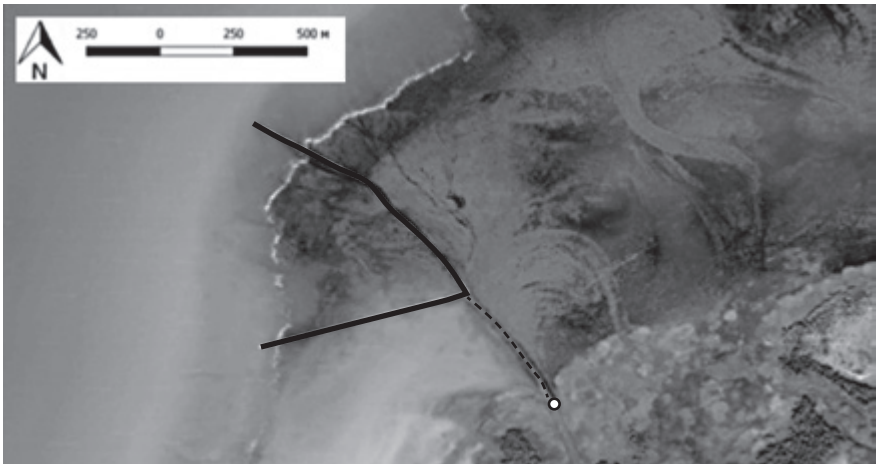


Рис. 4. Участок разветвления р. Мышкова

Коса (внешняя часть «острова») возле входа в устье р. Мышкова образовалась за счет твердого стока реки во время половодья 2015 г., когда эта зона была полностью осушена, и за 2016 и 2017 гг. изменений не претерпела. Контур косы с 2015 г. также не изменился, а вот общая площадь участка увеличилась за счет зарастания части акватории между косой и коренным берегом. При этом благодаря достаточно высоким скоростям течения, она в маловодный 2015 г. пробила русло шириной 10–15 м по зоне осушки, где русло сохраняется по сей день.

Основным показателем выполнения работ является увеличение пропускной способности русла реки, предотвращение затопления территории в период паводка и улучшение рыбохозяйственных характеристик. Пропускная способность увеличивается в результате удаления донных наносов.

Грунт, удаляемый со дна реки, размещают в карте намыва, представляющей собой обвалованную площадку, куда складируется и хранится извлекаемый грунт, с общей площадью 6,2 га, расположенной за пределами водоохранной зоны реки на расстоянии не менее 200 метров [Водный кодекс … 2020].

Таблица 1

Координаты карты намыва

№ точки	N	E
1	48° 20' 35.27"	43° 16' 22.38"
2	48° 20' 33.15"	43° 16' 24.33"
3	48° 20' 28.81"	43° 16' 19.96"
4	48° 20' 23.09"	43° 16' 17.87"
5	48° 20' 24.80"	43° 16' 7.63"
6	48° 20' 32.13"	43° 16' 11.36"
7	48° 20' 30.99"	43° 16' 17.74"

Таблица 2

Координаты схемы производства работ

№ точки	N	E
8	48° 20' 50.79"	43° 16' 23.28"
9	48° 21' 04.8"	43° 16' 13.5"

Площадка производства работ представляет собой заболоченную низменность в месте впадения реки в Цимлянское водохранилище, карта намыва размещается в неподтапливаемых местах прибрежного рельефа за пределами водоохранной зоны (рис. 5).

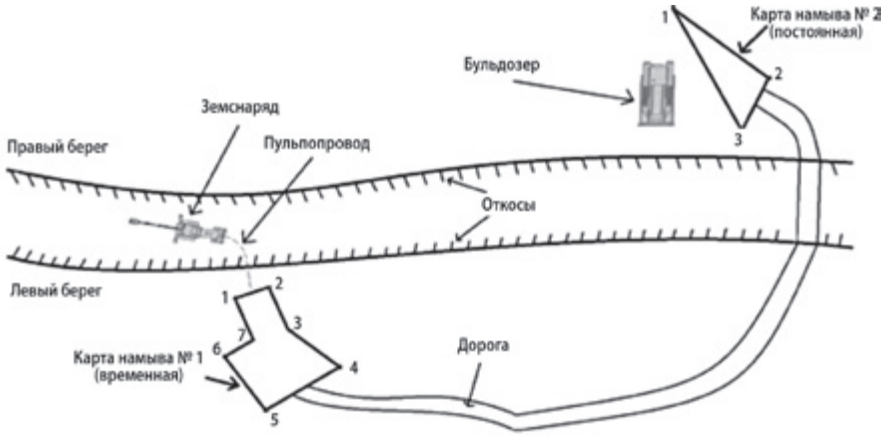


Рис. 5. Схема производства работ

Основным оборудованием, используемым для проведения работ по расчистке водного объекта, является земснаряд (рис. 6).

Рис. 6. Земснаряд

Фрезерный земснаряд опускает на дно стрелу в заданной точке. На стреле установлена фреза с землесосом. Фреза, вращаясь, разрабатывает грунт, который при помощи грунтового насоса по пульпопроводу транспортируется к месту складирования донных отложений (карту намыва).

В результате проведенных мелиоративных мероприятий по расчистке от заиливания, наносов песка и грунта предустьевых и устьевых участков реки Мышкова было изъято 35,5 тыс. м^3 иловых наносов, песка и грунта на участке протяженностью 653,2 м (рис. 7).

Увеличилась пропускная способность реки, улучшено состояние нагульно- воспроизводственного значения, восстановлены оптимальные параметры среды.

Рис. 7. Участок складирования донных отложений

Итогом выполняемых работ на р. Мышкова стало увеличение пропускной способности реки, глубины которой на расчищенном участке стали достигать 2 м. Для достижения максимального результата необходимо произвести расчистку от иловых наносов, песка и грунта одной из проток, образовавшихся в 2015 г. Данные работы запланированы на 2020 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жукова С.В. и др.* Аналитический обзор научно-исследовательских работ АЗНИИРХ, выполненных в 1980–1992 гг. по малым рекам донского района / С.В. Жукова, В.М. Шишкин, А.П. Куропаткин, Л.А. Лутынская, И.Ф. Фоменко, О.В. Стрельченко, И.Ф. Ковтун, А.А. Корнеев. Ростов н/Д., 2006. 74 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 2 августа 2019 года) (редакция, действующая с 1 января 2020 года) // Собрание законодательства РФ. 2006. № 74-ФЗ. Ст. 64.
3. Водохозяйственная обстановка по территории ответственности Донского БВУ. URL: http://www.donbvu.ru/water_situation/ (дата обращения: 23.04.2020).

УТОЧНЕНИЕ СХЕМЫ ТИПОВ БЕРЕГОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ОСНОВЕ СЪЕМОК С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Г.И. Скрипка[2], В.В. Глинка[1, 2], Л.А.Беспалова[1], О.В. Ивлиева[1]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр, г. Ростов-на-Дону
skripka.grisha@yandex.ru

Одной из задач мониторинга водоохранных зон (ВЗ) водохранилищ является слежение за состоянием берегов. Ежегодное разрушение берегов происходит не равномерно, что связано с частотой проявления сильных штормов, динамикой уровня, геолого-геоморфологическими условиями, которые определяют типы берегов и характер проявления береговых процессов.

На Цимлянском водохранилище согласно районированию, выполненному институтом Южгипроводхоз в 1982 г., выделяются следующие типы берегов: абразионные (обвальный, осыпной и оползневой типы), аккумулятивные, низкие берега затопления; абразионно-аккумулятивно бухтовые [Косолапов, 2017]. Со времени создания схемы районирования прошло около 40 лет, и возникла острая необходимость проведения оценки современного состояния береговых процессов в целях их эффективного мониторинга.

В основу работы положены материалы полевых и камеральных исследований, выполненных в период с 2017 по 2019 г. с использованием БЛА и ГИС-технологий. Осуществлялась наземная фотофиксация и зондирование берегов и ВЗ водохранилища при помощи БЛА (фотографирование в надир, сбоку и видеофиксация). В общей сложности в ходе обследования было получено более 230 000 фотографий и 125 видеоматериалов. Протяженность береговой линии, обследованной при помощи БЛА, составила около 900 км.

Помимо видеороликов, наземных фотографий и аэрофотоснимков, включая панорамные снимки побережья, использовались продукты обработки материалов съемок с БЛА с помощью инструментария программы Agisoft Metashape: ортофотопланы ВЗ, виды сбоку протяженных интервалов береговой зоны, снятых под разными ракурсами, при достаточной «плотности» съемки – 3D-модели участков дистанционного обследования [Скрипка, 2018; Kosolapov, 2017]. Для получения морфологических и морфометрических характеристик берегов (высота берега, уклон склона и др.) по ортофотопланам и цифровым моделям рельефа были построены поперечные профили берегов. По материалам аэросъемки также были определены площадные характеристики для оползневых тел и аккумулятивных форм. Все эти данные легли в основу создания банка данных типов берегов Цимлянского водохранилища.

На основе анализа банка данных типов берегов и полученных морфологических и морфометрических характеристик была проведена корректировка распределения типов и подтипов берегов в пределах 91 берегового участка, результаты которой приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение типов и подтипов берегов

Схема «Южгипроводхоза» (1982 г.)			Разрабатываемая Схема (2019 г.)		
Тип берега	**Протяженность (км)**	**Процентное соотношение**	**Тип берега**	**Протяженность (км)**	**Процентное соотношение**
Абразионный	57,5	4	Абразионный	10,4	0,7
Абразионно-осыпной	29	2	Абразионно-осыпной	3,7	0,3
Абразионно-оползневой	22,5	1,6	Абразионно-оползневой	14	1
Абразионно-обвальный	213,2	14,9	Абразионно-обвальный	101,5	7,1
Абразионно-аккумулятивный бухтовый	206,6	14,4	Абразионно-аккумулятивный бухтовый	198,9	13,9
Аккумулятивный	227,4	15,9	Аккумулятивный	2,5	0,2
Низкий берег затопления	283,3	19,8	Низкий берег затопления	249,8	17,4
Тип не определен (другие значения)	393	27,4	Низкий берег затопления (абразионный)	112,6	7,9
			Низкий берег затопления (аккумулятивный)	29,6	2,1
			Низкий берег затопления (нейтральный)	404	28,2
			Техногенный	34	2,4
			Эрозионный	79	5,5
			Тип берега не определен (запрет на полеты)	24,4	1,7
			Тип берега не определен (не целесообразно обследование БЛА)	124,7	8,7
			Тип берега не определен (требуется обследование БЛА)	43,5	3,0
Суммарная протяженность берегов	1432,5	100		1432,6	100

Анализ таблицы 1 позволяет выявить следующие значимые изменения:

1. Участки берегов, которые ранее определялись как «аккумулятивные», были изменены на «низкие берега затопления», т.к. в ходе детального анализа ярко выраженных аккумулятивных форм выявлено не было.
2. Аккумулятивные берега имеют незначительное распространение в разрабатываемой схеме, всего 0,3 % (2,5 км) береговой линии. Как говорилось ранее, аккумулятивные берега в разрабатываемой Схеме представлены аккумулятивными формами, такими как прислоненные пляжи, мысы, косы переймы. При этом прислоненные пляжи чаще всего приурочены к абразионным берегам. В этой связи в дальнейшем требуется внести

в ГИС-проект новые символы, которые наиболее полно характеризовали бы расположение прислоненных пляжей и их протяженность.

3. Выявлены изменения типов берегов на участке «выклинивания подпора» (р. Дон) в связи с отсутствием волнового воздействия на берега, где главным фактором размыва берегов является боковая эрозия. Примером некорректной типизации могут служить в Схеме «Южгипроводхоза» берега на участках от железной дороги возле х. Рычковский Суровикинского района до х. Большенабатовский (правый берег), представленные как абразионные и абразионно-обвальные. Разрушение берегов на участке происходит за счет эрозионных процессов, следовательно, данные берега являются эрозионными, что обозначено на новой Схеме.
4. Абразионно-осыпные берега, представленные в Схеме ГИС, приуроченые к участку реки Дон (выклинивания подпора), также к таковым не могут быть отнесены из-за отсутствия выраженных абразионных процессов. Как уже говорилось ранее, в разрабатываемой Схеме (2019) чисто абразионно-осыпные берега встречаются возле п. Саркел Цимлянского р-на (правый берег), а также локально в заливе х. Кривский Дубовского р-на (левый берег).
5. Низкие берега затопления были выделены в 3 подтипа по преобладающему процессу
   - низкий берег затопления (абразионный);
   - низкий берег затопления (аккумулятивный);
   - низкий берег затопления (нейтральный).
6. Помимо уже представленных ранее новых типов классификации берегов в Схему были добавлены такие берега, как техногенные, которые характеризуются берегозащитными сооружениями, водозаборами и другими антропогенными объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Дандара Н.Т., Сердюк Л.В.* Районирование берегов Цимлянского водохранилища по степени проявления опасных экзогенных геологических процессов // Естественные и технические науки. 2017. № 10 (112). С. 59–68.
2. *Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Сапрыгин В.В., Филатов А.А.* Опыт использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга положения бровки высоких берегов водохранилищ // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сб. мат-лов Всерос. науч.-практ. конф. г. Сочи, 8–14 октября 2018 г. Новочеркасск: ЛИК, 2018. С. 298–305.
3. *Kosolapov A.E., Skripka G.I., Bespalova L.A., Ivlieva O.V., Filatov A.A.* Study of Morphological and Morphometric Characteristics of Tsimlyansk Reservoir Shores Using Unmanned Aerial Vehicles and GIS Technologies // Aridnye Ekosistemy. 2018. Vol. 24. No. 3(76). P. 41–47.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Г.И. Скрипка[1], Л.В. Сердюк[1], О.В. Ивлиева[2], Л.А. Беспалова[2]

[1]Российский информационно-аналитический
и научно-исследовательский водохозяйственный центр, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
iskripka.grisha@yandex.ru, larisa-kropyanko@yandex.ru,
ivlieva.o@mail.ru, bespalowaliudmila@yandex.ru

Характер и интенсивность эрозионных процессов, происходящих в водоохранной зоне водного объекта, является важным параметром, в значительной степени определяющим возможности её хозяйственного освоения, стабильность положения береговой линии (особенно в случаях развития обрывистых берегов), интенсивность и объёмы выноса в водный объект во взвешенном и растворённом состояниях материала разрушения берегов. Данные характеристики имеют существенное, а нередко и решающее значение для принятия управленческих решений по осуществлению хозяйственных и природоохранных мероприятий в водоохранной зоне.

В автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов эрозионные процессы в водоохранной зоне определяются состоянием эрозионной сети, которое характеризуется двумя параметрами: густотой эрозионной сети (I) и величиной её изменения во времени (дельта I).

В зависимости от выбранного для определения густоты эрозионной сети масштаба картографической основы, типов учитываемых эрозионных форм рельефа, других исходных параметров результат может существенно разниться.

Традиционно используемое при геоморфологическом картировании для определения густоты эрозионной сети деление территории на квадраты, в пределах которых определяют общую длину эрозионной сети, весьма трудоёмко, что позволяет ввиду обычно сложной конфигурации береговой линии и внешней границы водоохранных зон получить достаточно точные данные об истинной величине площади обследуемого участка.

Даже на крупномасштабных топографических картах невозможно показать тальвеги наиболее мелких эрозионных форм (рытвин, промоин, небольших оврагов), а периодичность проведения топографической съёмки местности не позволяет выполнить требование автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов по ежегодному определению изменения эрозионной сети.

Существенно повысить полноту, объективность и оперативность получения информации о густоте эрозионной сети водоохранных зон водных объектов можно за счёт использования материалов их обследования с помощью беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий.

В настоящих тезисах изложены способы определения густоты эрозионной сети водоохранных зон водных объектов по материалам дистанционных обследований, выполненных с использованием беспилотных летательных аппаратов, и инструментария ГИС.

В результате воздействия временных и постоянных водных потоков на поверхности земли образуются линейно-вытянутые отрицательные формы рельефа: эрозионные борозды и рытвины, промоины, овраги и балки, долины ручьёв и рек, совокупность которых образует эрозионную сеть территории.

Участники ведения государственного мониторинга водных объектов для определения густоты эрозионной сети водоохранных зон водных объектов используют картографические материалы, не имеющие грифа секретности.

На таких картах точно может быть определено только положение тальвегов долин рек и ручьёв, балок и крупных оврагов. Для выявления эрозионных форм рельефа и определения положения их тальвегов могут быть использованы материалы обследования территории с использованием БЛА.

С этой целью на основе серий фотоснимков, выполненных беспилотным летательным аппаратом, с использованием специального программного обеспечения (ПО) строят цифровые модели рельефа (ЦМР), представленные изогипсами рельефа с заданной высотой сечения, картами высот, на которых в зависимости от высоты земной поверхности происходит постепенная смена цвета и интенсивность окраски, и ортофотопланы рассматриваемых участков.

Густота эрозионной сети (I) характеризует интенсивность горизонтального расчленения и в автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов определяется протяжённостью эрозионной сети на единицу площади по формуле $I = L/S$, где L – суммарная длина тальвегов элементов эрозионной сети, S – площадь участка. Единицы измерения густоты эрозионной сети, км/км^2 или м/м^2.

Положение тальвегов эрозионных форм может быть определено по топографическим картам, одиночным аэрофотоснимкам и продуктам компьютерной обработки с использованием специальных программ серии аэроснимков.

На аэрофотоснимках при визуальном дешифрировании эрозионные формы рельефа и их тальвеги могут быть идентифицированы по прямым и косвенным дешифровочным признакам.

Прямые дешифровочные признаки непосредственно отражаются на снимках, косвенные признаки позволяют выявить объекты и их свойства, которые не удаётся уверенно определить непосредственно на снимке. Использование для обследования водоохранных зон БЛА расширяет возможности выделения эрозионных форм рельефа и определения положения их тальвегов. Все депрессии, даже относительно неглубокие, хорошо фиксируются на карте высот по изменению окраски или её интенсивности.

Возможность оперативного построения ЦМР обследуемого участка с разными значениями высоты сечения горизонталей позволяет выявлять депрессии разной размерности, определять их морфометрические особенности и более точно устанавливать места окончания борозд и рытвин, образующихся на склонах более крупных эрозионных форм, но не достигающих их тальвегов.

Повторное обследование даёт возможность зафиксировать кратковременные водотоки, контрастность затененных и освещенных склонов депрессий, изменение цвета и интенсивности окраски растительности, другие сезонные изменения природных условий, важные для выявления отрицательных форм рельефа.

Возможность получения актуализированной информации за счет использования материалов аэросъемки, выполненной БЛА, имеет большое значение для районов активного проявление экзогенных процессов, приводящих к изменениям в строении рельефа водоохранной зоны.

Густота эрозионной сети водоохранной зоны определяется комплексом природных факторов (строение и литологический состав слагающих её толщ, характер и интенсивность современных тектонических движений, принадлежность к определённым морфоструктурам рельефа, типы почв, состояние растительного покрова и др.) и особенностей хозяйственного использования территории (строительство противоэрозионных ГТС, искусственное изменение рельефа в связи с дорожными и другими видами строительных работ и др.), которые не зависят от территориально-административного деления и других факторов социально-экономического характера.

Для выявления частей водоохранной зоны водного объекта, однородных по степени горизонтального расчленения, а также для оценки связи густоты эрозионной сети с изменениями природных условий или последствиями антропогенной деятельности, нами предложен способ деления её территории на небольшие сегменты, протяжённость которых соизмерима с шириной наиболее крупных линейных эрозионных форм, встречающихся на оцениваемом участке.

Площади выделенных сегментов в зависимости от конфигурации береговой линии не должны различаться более чем в 2–3 раза. Если вследствие сильной извилистости берега площадь какого-либо сегмента более чем в три раза превосходит минимальную площадь сегментов, выделенных в границах обследуемого участка, он должен быть разделен на две или более равных частей.

Для каждого сегмента определяем площадь, длину тальвегов расположенных в его границах эрозионных форм и рассчитываем величину густоты эрозионной сети. Проводим ранжирование полученных элементарных сегментов по величине густоты эрозионной сети, в соответствии с выбранным интервалом изменения значения I.

Выделение элементарных сегментов позволяет определить участки с заданной величиной густоты эрозионной сети и определить долю площади водоохранной зоны водного объекта, которую они занимают на обследованной территории.

С целью оценки зависимости густоты эрозионной сети от особенностей природных условий водоохранной зоны, типов и интенсивности ее хозяйственного освоения необходимо определить величину I для участков, однородных по оцениваемому параметру.

Если выбранный для анализа признак (вид объекта или его характеристики) не представлен в ГИС самостоятельным слоем или его границы не могут быть точно определены, то его оконтуривание осуществляется вручную.

В случаях когда анализируемые признаки образуют в ГИС самостоятельный слой, участок для определения величины I формируется прямо в этом слое и более точно соответствует границам выбранного объекта или изменения его параметров.

Выделение участков с заданными границами позволяет регулировать детальность анализа зависимости густоты эрозионной сети от факторов природного и антропогенного характера и оценивать изменение величины I в зависимости от сочетания (комбинации) различных параметров природных комплексов водоохранной зоны. Например, могут быть определены различия густоты эрозионной сети для берегов абразионно-оползневого и абразионно-обвального типов в целом для изучаемого водоёма или в границах разных морфоструктурных единиц, в пределах которых он расположен.

РАЙОНИРОВАНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ АБРАЗИОННЫХ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Д. Хаванский[1], В.В. Латун[1], Ю.Ю. Меринова[1], О.А. Хорошев[2]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
khovansk@yandex.ru, vlatun@yandex.ru, yuliyamerinova@yandex.ru, ourregion@mail.ru

Берега Азовского моря отличаются интенсивным проявлением опасных абразионных и оползневых процессов, которые приводят к разрушению жилых и производственных строений, промышленных, сельскохозяйственных и социально-бытовых объектов. В связи с этим важное значение имеет оценка степени опасности проявления абразионных и оползневых процессов, анализ социально-экономических последствий их проявления.

Целью исследования является оценка социально-экономического риска абразионных и оползневых процессов и районирование береговой зоны Азовского моря по степени опасности их проявления.

Для идентификации и анализа социально-экономических объектов, подверженных влиянию опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря, была разработана методика, которая включает выявление основных факторов формирования береговой зоны, выделение элементарных (функциональных) участков берега, установление подверженных опасности социально-экономических объектов [Хорошев и др., 2019а].

По однотипному сочетанию основных факторов формирования опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря выделено 38 функциональных участков, а по средней скорости абразии установлена прогнозируемая на 20-летний период зона воздействия опасных береговых процессов.

С помощью кадастровой карты Росреестра [Публичная кадастровая карта … 2020] выявлялись и анализировались все социально-экономические объекты, отмеченные на публичных кадастровых картах Росреестра: земельные участки, объекты капитального строительства и инфраструктуры, здания, сооружения, жилые дома, подсобные помещения и др. Рассчитывались площади земельных участков, находящихся в зоне риска.

Учитывая большое влияние антропогенных факторов, существенно изменяющих условия формирования береговых процессов, социально-экономические объекты, расположенные в береговой зоне городских округов (Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск), в данной работе не рассматривались.

В прогнозируемой зоне выявлено 112 социально-экономических объектов, подверженных влиянию опасных абразионных и оползневых процессов (79 объектов капитального строительства, отмеченных на картах Росреестра и предварительно – 33 неотмеченных объекта только на отрезке северного берега Таганрогского залива).

Среди объектов капитального строительства преобладают жилые дома, хозпостройки, нежилые здания, дачи, дороги, линии электропередач и др. Из неотмеченных на картах Росреестра социально-экономических объектов в прогнозируемой зоне, кроме вышеперечисленных, встречаются гостиничные комплексы, кафе, парки, пляжи, гаражи и др. Значительную часть побережья Азовского моря занимают сельскохозяйственные угодья и земли сельскохозяйственного назначения, а также земли поселений (селитебная и рекреационная зоны).

Для оценки социально-экономического риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря производилась оценка опасности береговых процессов и определение возможных материальных потерь (ущерба). Социально-экономический риск – R рассчитывается по формуле: $R = O \cdot M$, где O – степень опасности абразионных и оползневых процессов, M – материальные потери [Khavanskiy et al., 2019].

Для качественной оценки степени опасности абразионных и оползневых процессов в береговой зоне использовалась балльная оценка. Определение степени опасности абразионных и оползневых процессов производилось для функциональных участков берега по трем параметрам, которые характеризуют:

К – характер проявлений опасных процессов;

Р – особенности распространения опасных процессов;

В – степень опасности для населения и экономики опасных процессов.

По каждому из трех параметров разработаны критерии определения баллов – от 1 до 3 (табл. 1).

Таблица 1

Критерии определения степени опасности проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря

Параметры проявления абразионных и оползневых процессов	Оценка в баллах		
	1	2	3
К – тип опасных береговых процессов	абразионный	абразионно-оползневой	оползневой
Р – средняя скорость абразии берегов, м/год	менее 1	1–4	более 4
В – число социально-экономических объектов в зоне абразии	менее 3	3–10	более 10

Степень опасности проявления абразионных и оползневых процессов рассчитывалась как произведение балльной оценки указанных выше параметров $O = К \times Р \times В$ (табл. 2).

Таблица 2

Оценка риска проявления опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря

№	Функциональный участок берега	Параметры опасности			Степень опасности O = К×Р×В	Коэффициент материальных потерь, М	Численный индекс риска R = O · M
		К	Р	В			
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Северный берег Таганрогского залива							
1	Весело-Вознесенский -1	1	2	1	2	2	4
2	Весело-Вознесенский -2	1	2	2	4	3	12
3	Боковский -1	1	2	1	2	1	2

Продолжение табл. 2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
4	Боковский -2	1	2	1	2	1	2
5	Рожковский-1	1	3	2	6	3	18
6	Рожковский-2	1	1	1	1	1	1
7	Беглицкий-1	1	1	1	1	1	1
8	Беглицкий-2	2	1	1	2	2	4
9	Золотокосовский	1	3	3	9	4	36
10	Новолакедемоновский	1	1	1	1	1	1
11	Русскослободской	1	1	2	2	3	6
12	Боцмановский	1	3	3	9	5	45
13	Петрушинский	2	1	1	2	2	4
14	Бессергеновско-Приморский-1	2	1	1	2	1	2
15	Бессергеновско-Приморский-2	2	1	1	2	1	2
16	Мержановский	3	1	1	3	1	3
Южный берег Таганрогского залива							
17	Кругловский	2	1	1	2	2	4
18	Павло-Очаковский	1	2	1	2	1	2
19	Семибалковский-1	1	2	1	2	4	8
20	Семибалковский-2	1	2	1	2	2	4
21	Маргаритовский-1	1	1	1	1	1	1
22	Маргаритовский-2	1	1	1	1	2	2
23	Новомаргаритовский-1	2	1	1	2	2	4
24	Порт-Катоновский-1	2	1	1	2	1	2
25	Порт-Катоновский-2	2	1	1	2	2	4
26	Молчановский-1	2	2	1	4	3	12
27	Молчановский-2	2	2	1	4	4	16
28	Глафировский-1	1	2	1	2	2	4
29	Глафировский-2	1	2	1	2	4	8
30	Воронцовский-1	1	2	1	2	4	8
31	Воронцовский-2	1	2	1	2	4	8
32	Воронцовский-3	1	2	1	2	4	8
Юго-восточное побережье Азовского моря							
33	Камышеватский	1	3	1	3	6	18
34	Шиловский	1	2	1	2	4	8
35	Морозовский	1	2	1	2	2	4
36	Пересыпьский	2	2	1	4	3	12
37	Кучугурский	2	2	2	8	5	40
38	Ильичевский	2	2	1	4	2	8

Оценка возможных материальных потерь осуществлялась для социально-экономических объектов, расположенных в зоне прогнозируемого воздействия опасных абразионных и оползневых процессов. Используя стандартный набор инструментов публичного ГИС-сервиса «Кадастровая карта Росреестра», определялись площади социально-экономических объектов, их кадастровая стоимость и производился укрупненный расчет возможного экономического ущерба для объектов капитального строительства и земельных участков [Хорошев и др., 2019б].

Наиболее опасными для объектов капитального строительства участками проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне являются: на северном берегу

Таганрогского залива – Боцмановский, с ущербом капитальным строениям – 50,2 млн руб., Золотокосовский – 16,4 млн руб., Кучугурский – 17,3 млн руб. на юго-восточном побережье Азовского моря.

Расчёт численного индекса социально-экономического риска производился в соответствии с приведенной выше формулой как произведение балльных оценок степени опасности береговых процессов и материальных потерь (табл. 2).

Материальные потери переводились в баллы с помощью следующей шкалы: 1 балл – потери менее 1 млн руб., 2 балла – 1–5 млн руб., 3 балла – 5–10 млн руб., 4 балла – 10–50 млн руб., 5 баллов – 50–100 млн руб., 6 баллов – более 100 млн руб.

Численный индекс социально-экономического риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря изменяется в пределах – от 1 до 48. Наиболее опасными участками проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря являются: Боцмановский – численный индекс риска 45, Кучугурский – 40, Золотокосовский – 36, Рожковский-1, Камышеватский – 18, Молчановский-2 – 16, Весело-Вознесенский-2, Молчановский-1 и Пересыпский – 12.

Повышенными значениями опасности проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря отличаются абразионные и абразионно-оползневые участки берега с высокой скоростью абразии и большим количеством объектов капитального строительства. Ранжированный перечень функциональных участков со значимой опасностью проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря представлен в таблице 3.

Таблица 3

Ранжированный перечень функциональных участков со значимой опасностью проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря

№	Функциональный участок берега	Параметры опасности			Степень опасности $O = K \times P \times B$	Коэффициент материальных потерь M	Численный индекс риска $R = O \cdot M$
		K	P	B			
1	Боцмановский	1	3	3	9	5	45
2	Кучугурский	2	2	2	8	5	40
3	Золотокосовский	1	3	3	9	4	36
4	Рожковский-1	1	3	2	6	3	18
5	Камышеватский	1	3	1	3	6	18
6	Молчановский-2	2	2	1	4	4	16
7	Весело-Вознесенский -2	1	2	2	4	3	12
8	Молчановский-1	2	2	1	4	3	12
9	Пересыпский	2	2	1	4	3	12

Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хорошев О.А., Хаванский А.Д., Латун В.В., Беспалова Л.А.* Идентификация социально-экономических объектов, подверженных влиянию опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря, с использованием ГИС // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 211–214.
2. Публичная кадастровая карта России «ЕГРП365» [Электронный ресурс]. URL: https://egrp365.ru
3. *Khavansky A., Latun V., Khoroshev O., Merinova Y., Nedoseka L.* Risk assessment of hazardous abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Azov Sea //XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020», 2020.
4. *Хорошев О.А., Хаванский А.Д., Латун В.В.* Расчет прогнозируемого ущерба социально-экономическим объектам береговой зоне Азовского моря, подверженным воздействию абразионных и оползневых процессов. Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Выпуск 4. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 169–173.

ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРУЕМОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

О.А. Хорошев[1], Ю.Ю. Меринова[2], А.Д. Хаванский[2], В.В. Латун[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
ourregion@mail.ru, yuliyamerinova@yandex.ru, khovansk@yandex.ru, vlatun@yandex.ru

Современная структура расселения и особенности демографической нагрузки на окружающую среду в пределах российской части береговой зоны Азовского моря демонстрируют, что наибольшая концентрация приморских населенных пунктов тяготеет к зонам с активным проявлением абразии, высокими показателями ее интенсивности – более 2 м/год [Матишов и др., 2015; Матишов и др., 2016; Хорошев и др., 2019а].

Последствия проявления абразионных процессов выражаются в причиняемом ущербе социально-экономическим (СЭ) объектам, к которым относятся как объекты хозяйственного комплекса, так и жилые постройки, объекты инфраструктуры, культурного наследия, а также земли различного назначения. В связи с этим актуальной является оценка прогнозируемого экономического ущерба СЭ-объектам береговой зоны Азовского моря от последствий проявления абразионных процессов, необходимая для последующей оценки социально-экономического риска проявления береговой абразии, разработки рекомендаций по повышению защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека. Таким образом, целью исследования являлась оценка прогнозируемого экономического ущерба социально-экономическим объектам береговой зоны Азовского моря от последствий проявления абразионных процессов.

Для оценки прогнозируемого экономического ущерба СЭ-объектам, в частности от последствий абразионных процессов, была применена разработанная ранее методика, представляющая собой ряд последовательных шагов (этапов) [Хорошев и др., 2020].

1. На основании исследований береговой зоны Азовского моря [Матишов и др., 2015; Матишов и др., 2016; Khavanskiy et al., 2019] были определены основные факторы формирования опасных абразионных процессов и по их сочетанию выявлены 35 функциональных участков с определенным (однотипным) сочетанием основных природных и антропогенных факторов формирования береговой зоны, различными значениями среднегодовой скорости береговой абразии (по данным многолетних наблюдений на участках мониторинговой (реперной) сети ЮФУ).

2. С помощью спутниковых карт, материалов натурных наблюдений экспедиций 2018–2019 гг., публичных кадастровых карт Росреестра идентифицированы и проанализированы СЭ-объекты в пределах выделенных функциональных участков берега, подверженные в перспективе на 20-летний период воздействию береговой абразии [Хорошев и др., 2019б].

3. Рассчитан прогнозируемый экономический ущерб от последствий проявления абразионных процессов в разрезе каждого идентифицированного СЭ-объекта. Итоговые значения прогнозируемого ущерба СЭ-объектам просуммированы по каждому функциональному участку берега, сведены в итоговую таблицу и графически отражены на сводных картосхемах (табл. 1, рис. 1).

Учитывая влияние антропогенных факторов, существенно изменяющих условия формирования береговых процессов, СЭ-объекты, расположенные в береговой зоне городов Таганрога, Ейска, Приморско-Ахтарска, в работе не рассматривались. В силу обстоятельств, связанных с доступностью кадастровой информации (на момент расчета), отсутствием данных о среднемноголетней скорости абразии, прогнозируемый ущерб также не рассчитывался для отрезков побережья Республики Крым и морских лиманов.

Согласно расчетам, величина прогнозируемого (в перспективе на 20 лет) суммарного экономического ущерба СЭ-объектам (общей площадью около 640 га) от последствий проявления абразии в российском секторе береговой зоны Азовского моря может превысить 750 млн руб., из которых почти 108 млн руб. – капитальным строениям и почти 649 млн руб. – земельным участкам, преимущественно сельхозугодиям. На северном побережье Таганрогского залива сумма ущерба может превысить 114 млн руб., на южном его берегу – 156 млн руб., а на юго-восточном побережье Азовского моря – 485 млн руб.

На северном берегу Таганрогского залива значительная часть материальных потерь связана с разрушением объектов капитального строительства. На южном берегу залива и юго-восточном побережье Азовского моря преобладают потери, обусловленные утратой сельхозугодий из-за их большой площади и относительно низкой застройки побережья.

Для объектов капитального строительства наиболее опасными участками проявления абразии в береговой зоне являются: на северном берегу Таганрогского залива – Боцмановский с ущербом капитальным строениям 50,2 млн руб.; на юго-восточном побережье Азовского моря – Золотокосовский – 16,4 млн руб., Кучугурский – 17,3 млн руб.

Таблица 1

Расчет прогнозируемого экономического ущерба СЭ-объектам от последствий проявления абразионных процессов в российском секторе береговой зоны Азовского моря (по кадастровым ценам на начало 2020 г.)

№	Наименование функционального участка береговой зоны	Протяженность, км	Среднегодовая скорость абразии, м/год	Число СЭ-объектов (зданий и пр.) в зоне абразии	Прогнозируемый экономический ущерб, млн руб.		
					Земельным участкам	СЭ-объектам	Суммарный
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Северный берег Таганрогского Залива Азовского моря							
1	Весело-Вознесенский-1	6,2	2,0	–	1,63	–	1,63
2	Весело-Вознесенский-2	2,8	2,0	7	4,25	1,37	5,62

Продолжение табл. 2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
3	Боковский-1	1,1	1,4	–	0,69	–	0,69
4	Боковский-2	1,8	1,4	–	0,31	–	0,31
5	Рожковский-1	1,2	3,4	3	3,35	1,59	4,95
6	Рожковский-2	1,1	0,4	–	0,38	–	0,38
7	Беглицкий-1	2,9	0,4	–	0,67	–	0,67
8	Беглицкий-2	3,4	0,4	–	1,35	–	1,35
9	Золотокосовский	4,3	3,0	14	11,3	16,4	27,7
10	Новолакедемоновский	1,1	0,3	–	0,27	–	0,27
11	Русскослободской	5,8	0,2	4	1,40	6,51	7,91
12	Боцмановский	3,1	3,7	40	8,09	50,1	58,2
13	Петрушинский	7,7	0,4	1	0,23	3,53	3,76
14	Приморский	3,2	0,2	–	0,83	–	0,83
ИТОГО		–	–	69	34,8	79,6	114,4
Южный берег Таганрогского залива Азовского моря							
15	Кругловский	9,7	0,2	–	4,09	–	4,09
16	Павло-Очаковский	3,8	1,2	–	0,68	–	0,68
17	Семибалковский-1	5,8	1,2	2	12,5	5,68	18,2
18	Семибалковский-2	10,9	1,2	1	4,66	0,26	4,92
19	Маргаритовский-1	2,0	1,2	–	0,37	–	0,37
20	Маргаритовский-2	2,1	0,8	–	1,83	–	1,83
21	Новомаргаритовский	3,5	0,8	–	1,18	–	1,18
22	Порт-Катоновский-1	3,9	0,8	–	0,47	–	0,47
23	Порт-Катоновский-2	2,2	0,3	1	0,70	1,09	1,79
24	Молчановский-1	15,1	1,4	–	8,12	–	8,12
25	Молчановский-2	1,4	1,4	–	12,2	–	12,2
26	Глафировский-1	9,6	1,4	–	2,85	–	2,85
27	Глафировский-2	1,6	1,4	–	15,5	–	15,5
28	Воронцовский-1	11,2	1,4	2	32,8	3,39	36,2
29	Воронцовский-2	2,4	1,9	1	28,5	0,58	29,1
30	Воронцовский-3	18,9	1,9	–	19,3	–	19,3
ИТОГО		–	–	7	145,8	11,0	156,8
Юго-восточное побережье Азовского моря							
31	Камышеватский	26026	2,9	–	357,6	–	357,6
32	Шиловский	17137	1,5	–	22,2		22,2
33	Морозовский	7472	1,5	–	3,6	–	3,6
34	Пересыпский	8859	1,1	–	8,1	–	8,1
35	Кучугурский	7808	1,1	3	76,8	17,3	94,1
ИТОГО		–	–	3	468,2	17,3	485,6
ВСЕГО, млн руб.		–	–	79	648,8	107,9	756,7

Удельная величина (млн руб. / погонный км берега) прогнозируемого ущерба от последствий проявления абразии только земельным участкам (без учета объектов капитального строительства) в среднем составила: для земель сельхозназначения – 0,51; для земель населенных пунктов – 3,57; для земель прочего назначения – 25,26 млн руб. / погонный км абразионного берега.

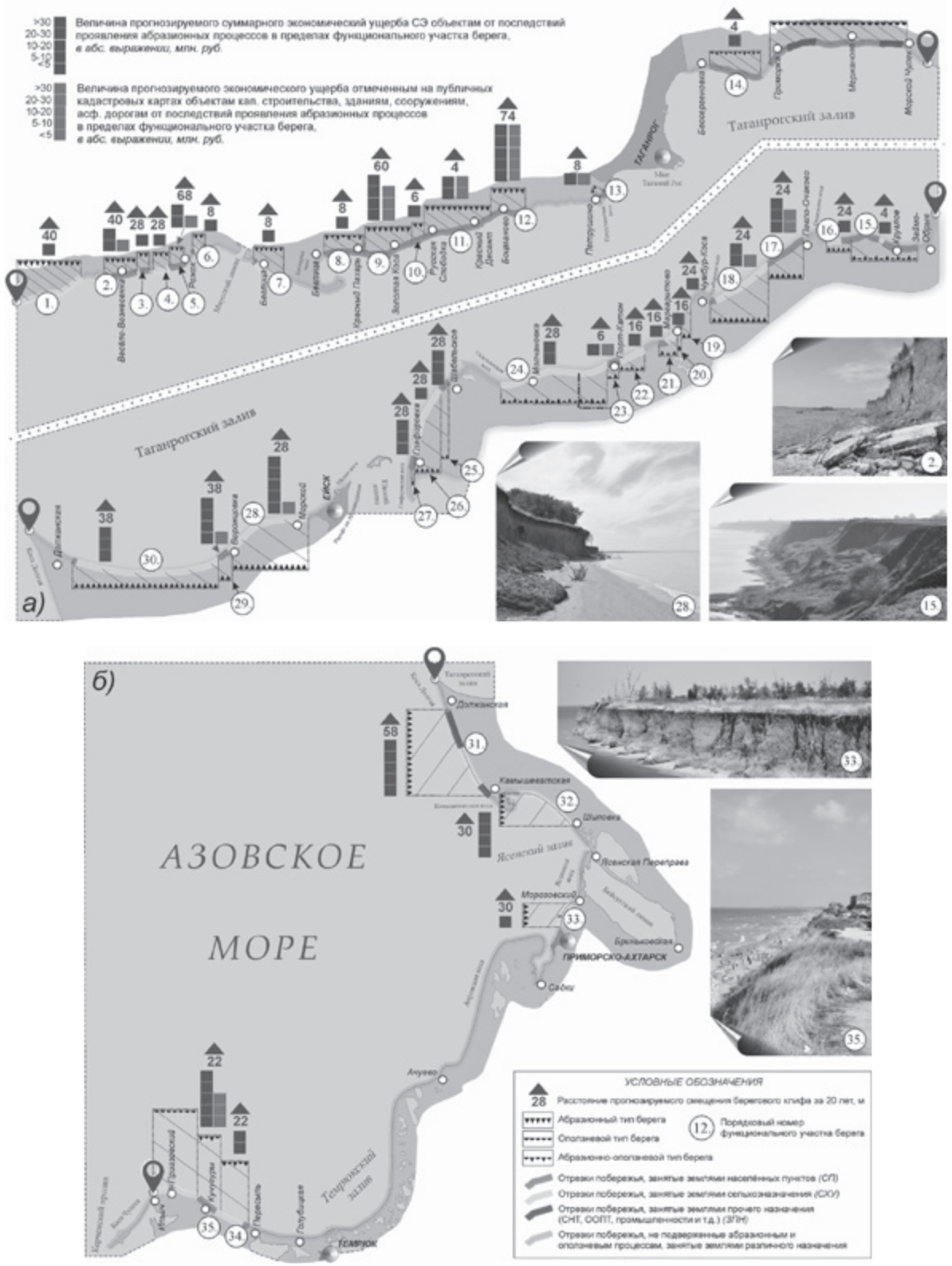


Рис. 1. Картосхема распределения прогнозируемого экономического ущерба СЭ-объектам от последствий проявления абразионных процессов в разрезе функциональных участков:
а) береговой зоны Таганрогского залива Азовского моря;
б) юго-восточного побережья Азовского моря

Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Khavanskiy A.D., Latun V.V., Khoroshev O.A. et al.* Ecological and Economic Assessment and Dangerous Coastal Processes in the Coastal Zone of the Azov Sea // Atlantis Highlights in Material Science and Technology (AHMST). Vol. 1. International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2019). Atlantis Press, 2019. P. 597–602.
2. *Матишов Г.Г., Бердников С.В., Беспалова Л.А. и др.* Современные опасные экзогенные процессы в береговой зоне Азовского моря: монография / Южный федеральный университет. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 324 с.
3. *Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В.* Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486.
4. *Хорошев О.А., Меринова Ю.Ю., Хаванский А.Д., Латун В.В.* Оценка социально-экономического ущерба проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе / гл. ред. акад. Г.Г. Матишов, отв. ред. тома д.г.н. С.В. Бердников. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 300–311.
5. *Хорошев О.А., Хаванский А.Д., Латун В.В., Беспалова Л.А.* Идентификация социально-экономических объектов, подверженных влиянию опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря, с использованием ГИС // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 211–214.
6. *Хорошев О.А., Хаванский А.Д., Ткачев Р.А., Мисиров С.А., Уткин В.А.* Динамика демографической нагрузки на окружающую среду в прибрежных районах регионов Южного федерального округа // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов: мат-лы Международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 316–319.

ПОДОБИЕ РЕЖИМА ВОЛНЕНИЯ ПРИ ИСКАЖЕНИИ МАСШТАБА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

***Ю.А. Шелушинин*[1, 2], *К.Н. Макаров*[1]**

[1]Сочинский государственный университет, г. Сочи
[2]Научно-исследовательский центр «Морские берега» (филиал АО ЦНИИС), г. Сочи
9117875@mail.ru

При проектировании гидротехнических сооружений для детального изучения волновой обстановки в мелководных акваториях применяется метод физического моделирования [Шарп, 1984]. Вследствие ограниченности размера лабораторных установок и других причин на практике довольно часто прибегают к искажению масштабов моделирования.

В настоящее время искажение масштабов модели при изучении процессов волнения не имеет достаточного научного обоснования [Шелушинин, Макаров, 2019]. Параметры волнения в мелководной зоне во многом определяются особенностями подводного рельефа. При прохождении из глубоководной зоны в мелководную волна претерпевает различные изменения, вызванные процессами рефракции, трансформации и дифракции. Данные процессы обусловлены взаимодействием волнения с подводным рельефом и гидротехническими сооружениями. Поскольку искажение масштабов модели всегда вносит изменения в сложный криволинейный рельеф, то оно всегда будет вносить соответствующие изменения и в процессы рефракции, трансформации и дифракции волн. После исследования изменений, которые вносит искажение масштабов в процессы рефракции и трансформации волн [Шелушинин, Макаров, 2019], представляется актуальным вопрос о влиянии искажения масштабов модели на процесс дифракции волн.

Дифракция волн характерна для огражденных акваторий при наличии либо искусственных ограждающих сооружений (мол, волнолом и т.д.), либо естественных образований, ограждающих определенную акваторию (косы, отмели, мысы, острова).

Рассмотрено влияние искажения масштабов модели на процесс дифракции и общую волновую обстановку в огражденной акватории. Исследование проводилось методом математического моделирования. В качестве исходного участка взята классическая расчетная дифракционная схема со сходящимися молами (рис. 1). Расчету в данной схеме подлежал коэффициент дифракции волны без учета ее отражения от границ акватории. Расчет проводился по нормативной методике, изложенной в СП 38.13330.2018. Расчетная схема подвергалась различным степеням горизонтального вдольберегового сжатия с последующим сравнением параметров волнения в заданных расчетных точках. Параметры волн в расчетных точках определялись для двух случаев исходного волнения с параметрами: высота волны – 4,0 м и 2,6 м, длина волны – 125 м и 88 м соответственно.

Глубина акватории принята достаточно большой, чтобы влиянием подводного рельефа можно было пренебречь и сфокусировать внимание исключительно на процессе дифракции волн. Высота и длина волны в расчетах не искажались согласно [Масс и др., 1987].

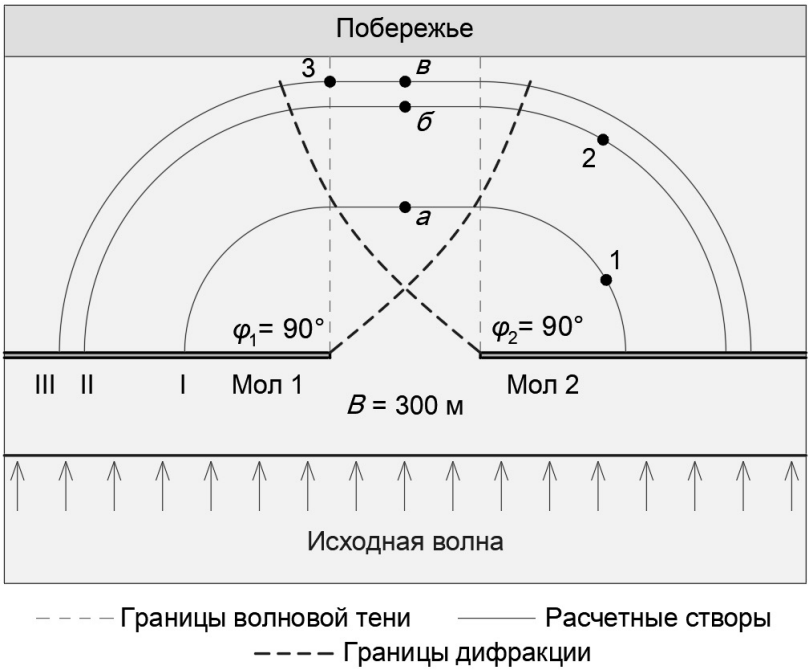


Рис. 1. Исходная расчетная схема А (без искажения)

Искажение масштабов модели в большинстве случаев затрагивает ширину входного створа в дифракционной схеме, через который волна проходит в закрытую акваторию. Ширина входного створа *B* (рис. 1) – наиболее важный параметр для расчета дифракции, который во многом определяет волновую обстановку в огражденной акватории. Потому предполагается, что при существующих методах масштабирования большие степени искажения (более двух раз) для дифракционных схем неприемлемы. Ввиду этого исходная расчетная схема подвергалась горизонтальному вдольбереговому сжатию по следующим градациям:

- схема А – без искажения,
- схема А0,9 – горизонтальный вдольбереговой масштаб составляет $0{,}9M_{\text{В}}$,
- схема А0,8 – горизонтальный вдольбереговой масштаб составляет $0{,}8M_{\text{В}}$,
- схема А0,7 – горизонтальный вдольбереговой масштаб составляет $0{,}7M_{\text{В}}$,
- схема А0,6 – горизонтальный вдольбереговой масштаб составляет $0{,}6M_{\text{В}}$,
- схема А0,5 – горизонтальный вдольбереговой масштаб составляет $0{,}5M_{\text{В}}$ (т. е. сжатие в 2 раза).

Здесь $M_{\text{В}}$ – вертикальный масштаб, равный горизонтальному поперечному масштабу.

Пример расчетной схемы со сжатием в 2 раза представлен на рисунке 2.

Оценка параметров волнения проводилась в определенных расчетных точках по ходу продвижения волны: *а*, *б*, *в* – на главном луче; 1, 2, 3 – в зоне «волновой тени».

Чтобы затронуть вопрос искажения вертикального масштаба, была проведена дополнительная серия расчетов для схем, где расстояния от входного створа до расчетных точек сокращались пропорционально сжатию вдольберегового горизонтального масштаба (т.е. вдольбереговой и поперечный горизонтальные масштабы искажались относительно неискаженных параметров исходного волнения). Названия таких схем отмечались приставкой «с», например – схема А0,9с. При таком преобразовании масштаба рассматриваемые дифракционные схемы соответствуют методам искажения [Масс и др., 1987].

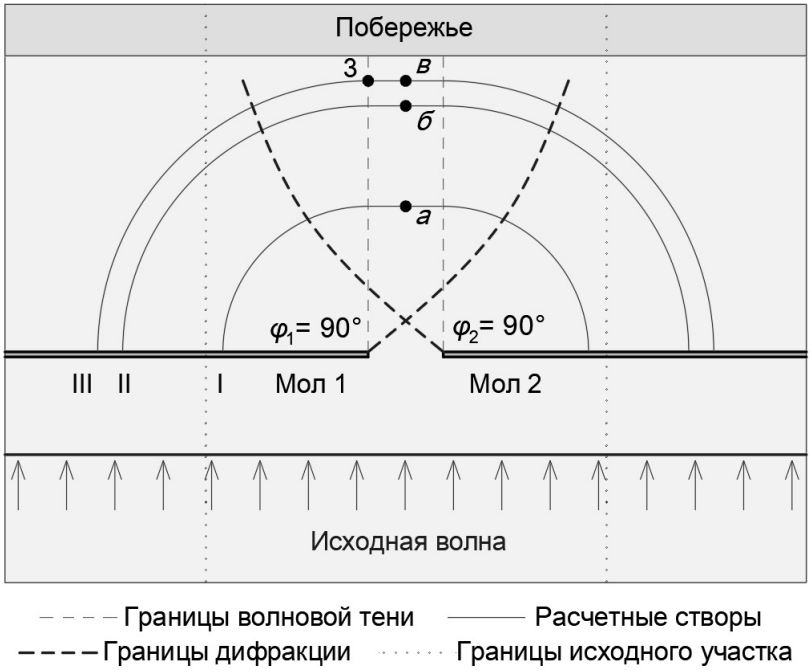


Рис. 2. Расчетная схема А0,5 (сжатие в 2 раза)

В результате проведения математического моделирования был получен комплекс расчетных параметров по каждой из двадцати двух расчетных схем. В качестве характерного контролируемого параметра рассматривался коэффициент дифракции ($k_{dif} = h_{расч.}/h_0$), который физически ясно описывает то, насколько изменяется высота волны при ее прохождении к расчетной точке через входной створ. Здесь приняты обозначения: $h_{расч.}$ – высота волны в расчетной точке, h_0 – высота исходной волны. В расчетных схемах только с вдольбереговым сжатием модели, коэффициенты дифракции в точках 1, 2 не определялись, так как в этом случае изменяется направление на расчетную точку. В таблицах 1÷2 приведена величина отклонения (%) высоты волны в расчетных точках от значений этого параметра для неискаженной модели.

Таблица 1

Величина отклонения (%) высоты волны в расчетных точках от значений этого параметра для неискаженной модели при исходной волне со средней длиной 125 м

Точка	Расчетная схема										
	А	А0,9	А0,8	А0,7	А0,6	А0,5	А0,5с	А0,6с	А0,7с	А0,8с	А0,9с
а	0,0	–2,1	–5,3	–9,6	–16,0	–21,3	–5,3	–4,3	–2,1	–2,1	0,0
б	0,0	–4,7	–10,5	–15,1	–20,9	–27,9	–11,6	–8,1	–5,8	–3,5	–1,2
в	0,0	–6,0	–10,7	–15,5	–21,4	–28,6	–11,9	–8,3	–6,0	–3,6	–2,4
3	0,0	–3,2	–4,8	–7,9	–14,3	–19,0	–4,8	–1,6	–1,6	0,0	0,0
2	0,0	–	–	–	–	–	+35,5	+12,9	+9,7	+6,5	+6,5
1	0,0	–	–	–	–	–	+42,9	+33,3	+23,8	+9,5	+4,8

Таблица 2

Величина отклонения (%) высоты волны в расчетных точках от значений этого параметра для неискаженной модели при исходной волне со средней длиной 88 м

Точка	Расчетная схема										
	А	А0,9	А0,8	А0,7	А0,6	А0,5	А0,5с	А0,6с	А0,7с	А0,8с	А0,9с
а	0,0	–1,0	–3,1	–6,2	–8,2	–13,4	–5,2	–4,1	–3,1	–1,0	–1,0
б	0,0	–3,3	–6,7	–8,9	–13,3	–17,8	–10,0	–6,7	–4,4	–1,1	–1,1
в	0,0	–2,3	–4,6	–9,2	–12,6	–16,1	–9,2	–5,7	–3,4	–1,1	–1,1
3	0,0	0,0	–1,6	–3,1	–3,1	–4,7	–3,1	–1,6	–1,6	–1,6	–1,6
2	0,0	–	–	–	–	–	+13,3	+10,0	+6,7	0,0	0,0
1	0,0	–	–	–	–	–	+44,4	+22,2	+16,7	+5,6	+5,6

Процесс дифракции волнения обусловлен конкретными физическими законами, по которым он протекает и на исходном, и на искаженном рельефе. При искажении масштаба модели соответственно искажается местоположение расчетных точек, особенно тех, которые не лежат на «оси искажения».

Положение расчетной точки относительно границ дифракции в значительной степени определяет значение коэффициента дифракции, и поэтому изменение положения точки относительно границ дифракции при искажении масштаба модели приводит к столь значительным погрешностям (табл. 1÷2, точки 1÷2, схема А0,5с).

В реальных природных условиях на сложном рельефе волна на своем пути преобразуется в результате совокупности процессов дифракции, рефракции и трансформации. Искажение геометрических масштабов изменяет подводный рельеф, вследствие чего искажаются процессы рефракции и трансформации волн. В общем случае, чем сложнее рельеф, тем большие изменения вносит искажение масштаба в параметры волнения.

Как показано в [Шелушинин, Макаров, 2019], при сжатии криволинейного рельефа в два раза искажение процессов рефракции и трансформации волн сказывается на всех параметрах, описывающих режим волнения в расчетной точке, а именно:

- изменяется угол подхода волны к расчетной точке;
- изменяется коэффициент рефракции, а соответственно и высота волн;
- изменяется глубина последнего обрушения, а соответственно смещается место обрушения волн;
- изменяется высота волн в последнем обрушении.

Причем величина и направленность таких изменений параметров волнения при искажении масштабов различаются для разных расчетных точек и разных форм рельефа. Такие изменения в режиме волнения при искажении масштабов тоже представляют собой погрешности. Очевидно, что погрешности при искажении процессов дифракции в случае криволинейного рельефа усиливаются погрешностями, возникающими при искажении процессов рефракции и трансформации волн.

Искажение масштабов гидравлических моделей при исследовании волновых процессов, в частности дифракционных, в настоящее время не имеет достаточного научного обоснования. При использовании таких способов масштабирования нарушается подобие волнового

режима на модели натурным условиям. Величина допустимых искажений, которая лежит в автомодельной области подобия протекающих процессов, не превышает двух раз для традиционной методики масштабирования параметров волнения (одинаковые горизонтальный и вертикальный масштабы параметров исходной волны).

Оценка погрешностей при искажении дифракционных схем в условиях криволинейного рельефа усложняется их наличием также при искажении процессов рефракции и трансформации волн. Такой характер изменений режима волнения в расчетных точках при искажении масштабов моделирования говорит о том, что необоснованный выбор степени искажения может привести к появлению абсолютно нового режима волнения. Следовательно, при отсутствии обоснованных методов пересчета данных, полученных на искаженных моделях, перенос их в натуру может иметь существенные погрешности.

При отсутствии научно обоснованных методов пересчета данных, полученных на искаженных моделях, необходимо учитывать, что величина погрешностей может существенно отличаться для разных расчетных точек даже в случае, если эти точки располагаются рядом друг с другом.

Оценивая погрешности в результатах, полученных на искаженных моделях при наличии процессов дифракции в акватории, важно учитывать тот факт, что высота волны в расчетных точках может как увеличиваться, так и уменьшаться в зависимости от расположения расчетных точек. При сжатии плановых размеров акватории относительно вертикального масштаба модели и волнения высота волн в зоне «волновой тени» может увеличиваться в то время как высота волн на главном луче будет уменьшаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Масс Е.И., Мальцев В.П., Шахин В.М.* Рекомендации по гидравлическому моделированию волнения и его воздействий на песчаные побережья морей и водохранилищ. М.: ЦНИИС, 1987.
2. СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)».
3. *Шарп Д.Д.* Гидравлическое моделирование / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 280 с.
4. *Шелушинин Ю.А., Макаров К.Н.* Проблемы и перспективы гидравлического моделирования волновых процессов в искаженных масштабах // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 2. Ст. 4. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.2.4. URL: http://nso-journal.ru.

ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕРЕГОВЫХ СИСТЕМ КРАСНОДАРСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ В УСЛОВИЯХ РИСКОВ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.С. Аракелов[1], А.В. Долгова-Шхалахова[1], А.К. Ахсалба[2]

[1]Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Туапсе
[2]Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия
gend_arakelov@bk.ru, asida_cen@mail.ru

Береговая зона Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия представляет собой единую как в природном (геоморфологическом), так и в экологическом и социально-экономическом отношении систему. Значительная часть берегов в пределах рассмотренных литодинамических районов развивается в условиях дефицита наносов, при котором активно происходит процесс отступания берегов. Факторы, которые влияют на отрицательные динамические процессы на участках, имеют различную природу явлений. Для каждого из этих береговых участков существуют индивидуальные геоморфологические и геоэкологические характеристики, обусловленные влиянием факторов как природного, так и антропогенного характера. Становится очевидным, что при воздействии глобальных факторов и антропогенной нагрузки на большей части морских берегов будет наблюдаться их деградация.

Как показывает анализ современных научно-технических, нормативных, методических документов по изучаемой проблематике, а также существующих в практической плоскости российских и международных разработок в области комплексной оценки устойчивости береговых систем, в настоящее время отсутствует единый подход к оценке устойчивости береговых систем и воздействия факторов природного и техногенного характера на окружающую среду [1]. В связи с этим представляется необходимым использование многоступенчатой модели оценки устойчивости береговых систем, основанной на выделении допустимого и критического пороговых значений негативного воздействия. Существующие мировые и региональные методики оценки устойчивости береговых систем и антропогенной нагрузки на окружающую среду являются не чем иным, как просто общим набором рекомендаций,

с помощью которых разрабатываются национальная и/или локальная нормативная документация, не всегда даже учитывающая особенности конкретной береговой системы [2].

Целью исследования было изучение пространственно-временной структуры береговых систем восточной части Черного моря, а также анализ факторов природного и антропогенного характера, оказывающих влияние на геоморфологическую структуру и геоэкологическое состояние береговых систем исследуемого региона.

Территория проведенного исследования охватывает Черноморское побережье Краснодарского края в границах муниципальных образований: Туапсинский район, Сочи, Новороссийск, Геленджик, Анапа, а также береговые системы Республики Абхазия [3]. Метод исследования – обследование узловых точек в устьях крупных рек. В каждой узловой точке выполнялось описание территории, в частности ширины пляжа, его уклона, характера наносов, уровня зарастания и загрязненности и т.д. Также в узловых точках проводился экспресс-анализ качества морской воды на предмет наличия нефтепродуктов, аммонийного азота, фосфатов. Третьей составляющей исследования была классификация пляжей по степени рекреационной обустроенности [4].

На основе анализа геоморфологического и геоэкологического состояния и данных экспедиционных исследований в период июль – август 2018 г. получены следующие результаты.

Береговые системы территории МО город-курорт Сочи:

- на участке исследования проанализировано 13 узловых точек – пляжей, примыкающих к устьям крупнейших рек: Псоу, Мзымта, Хоста, Агура, Мацеста, Сочи, Дагомыс, Уч-Дере, Лоо, Шахе, Чемитоквадже, Аше, Макопсе;
- на береговых участках, примыкающих к устьям рек, сформированы пляжи, сложенные галькой и мелкими валунами. Максимальная ширина пляжей в поселках Нижнее Уч-Дере и Головинка – 40 м, минимальная – в микрорайоне Мацеста и в поселке Чемитоквадже – 10–12 м;
- все пляжи имеют берегозащитные сооружения. Зарастание берега во всех исследованных точках отсутствует. Общая длина берегозащитных сооружений почти в 2 раза превышает длину береговой линии. Берег укреплен волноотбойными стенками различной конструкции, тетраподами, в качестве пляжеудерживающих сооружений используются перпендикулярные береговой линии буны и причалы, а также Г-образные буны;
- анализ проб воды в устьях рек показал, что в целом экологическое состояние водостока хорошее. Наиболее загрязненными оказались пробы воды в устье рек Мзымта и Мацеста. Во всех пробах присутствует аммонийный азот, в концентрациях близких или превышающих ПДК: Мзымта – 2,75 ПДК, Лоо – 2,3 ПДК, минимальное значение – 0,8 ПДК в пробах воды в устье реки Аше. По нефтепродуктам наиболее загрязненные пробы воды в устьях рек Сочи – 2,6 ПДК и Мацесты – 2,4 ПДК;
- все исследуемые пляжи имеют инфраструктуру, способствующую пляжному отдыху;
- большинство исследуемых пляжей можно отнести к разряду 1-го класса, но налицо необходимость применения дополнительных мер по очистке сточных вод и предотвращению стока неочищенных ливневых вод.

Береговые системы территории МО Туапсинский район:

- на участке исследования проанализировано 11 узловых точек – пляжи, примыкающие к устьям рек: Шепси, Дедеркой, Туапсе, Паук, Агой, Небуг, Нечепсухо, Шапсухо, Джубга, Бжид;
- на береговых участках, примыкающих к устьям рек, сформированы пляжи, сложенные галькой и мелкими валунами, пляж в районе пос. Лермонтово – песчаный. Максималь-

ная ширина пляжей в поселках Шепси, Небуг (искусственный) – 38–40 м, и центрального пляжа города Туапсе – 42 м, минимальная – в пос. Дедеркой – 20 м;
- почти все пляжи имеют берегозащитные сооружения, частично не имеет берегозащиты западная часть пляжа пос. Агой и пос. Ольгинка, берегозащита отсутствует на пляже пос. Лермонтово. Зарастание берега во всех исследованных точках отсутствует. Берег укреплен волноотбойными стенками различной конструкции, тетраподами, в качестве пляжеудерживающих сооружений используются перпендикулярные береговой линии буны и причалы, а также Г-образные буны;
- анализ проб воды в устьях рек показал, что в целом экологическое состояние водостока хорошее. Наиболее загрязненными оказались пробы воды в устьях рек Паук, Агой и Небуг. Во всех пробах присутствует аммонийный азот, в концентрациях близких или превышающих ПДК, Дедеркой – 2,3 ПДК, Паук – 2,5 ПДК, Джубга – 2,1 ПДК, минимальное значение – 0,7 ПДК в пробах воды в устье реки Бжид. По нефтепродуктам превышения ПДК в пробах воды в устьях рек не выявлено;
- все исследуемые пляжи имеют инфраструктуру, способствующую пляжному отдыху;
- большинство исследуемых пляжей можно отнести к разряду 1-го класса, пляж в микрорайоне Приморье города Туапсе – ко 2-му классу, но налицо необходимость применения дополнительных мер по очистке сточных вод и предотвращению стока неочищенных ливневых вод.

Береговые системы территории МО город-курорт Геленджик:
- на участке исследования проанализировано 8 узловых точек: пляжи, примыкающие к устьям рек Тешебс, Вулан, Бетта, Пшада, Джанхот, Мезыбь, Яшамба, Дооб;
- на береговых участках, примыкающих к устьям рек, сформированы пляжи, сложенные галькой и мелкими валунами. Максимальная ширина пляжей в поселке Дивноморское – 37 м, минимальная – в пос. Архипо-Осиповка и пос. Кабардинка – 15 м;
- почти все пляжи имеют берегозащитные сооружения, берегозащита отсутствует на пляжах хутора Бетта и пос. Джанхот. Зарастание берега во всех исследованных точках отсутствует. Берег укреплен волноотбойными стенками различной конструкции, тетраподами, в качестве пляжеудерживающих сооружений используются перпендикулярные береговой линии буны и причалы, а также Г-образные буны;
- анализ проб воды в устьях рек показал, что почти во всех пробах доля загрязнителей превышает допустимые уровни. Наиболее загрязненными оказались пробы воды в устье реки Дооб. Во всех пробах присутствует аммонийный азот, в концентрациях близких или превышающих ПДК, Дооб – 2,4 ПДК, Яшамба – 1,88 ПДК, Тешебс – 2,3 ПДК, минимальное значение – 0,85 ПДК в пробах воды в устье реки Пшада. По нефтепродуктам превышения ПДК в пробах воды в устьях рек не выявлено;
- все исследуемые пляжи имеют инфраструктуру, способствующую пляжному отдыху;
- большинство исследуемых пляжей можно отнести к разряду 1-го класса, но налицо необходимость применения дополнительных мер по очистке сточных вод и предотвращению стока неочищенных ливневых вод.

Береговые системы территории МО город-герой Новороссийск:
- на участке исследования проанализированы 3 узловые точки: пляжи, примыкающие к устьям рек Цемес, Озерейка, Дюрсо;
- на береговых участках, примыкающих к устьям рек, сформированы пляжи, сложенные галькой, мелкими и крупными валунами. Максимальную ширину имеет искусственный

пляж Алексино на западном берегу Цемесской бухты – 40 м, минимальную – в пос. Новая Озереевка – 10 м;
- пляжи имеют берегозащитные сооружения, берегозащита отсутствует на «диком» пляже Цемесской бухты. Зарастание берега слабое («дикий» пляж) или отсутствует. Искусственный пляж Алексино сам является берегозащитным сооружением;
- анализ проб воды в устьях рек показал, что почти во всех пробах доля загрязнителей превышает допустимые уровни. Наиболее загрязненными оказались пробы воды в устье реки Цемес. Во всех пробах присутствует аммонийный азот в концентрациях, превышающих ПДК, Цемес – 2,7 ПДК, Озерейка – 2,6 ПДК, Дюрсо – 2,1 ПДК. По нефтепродуктам превышение ПДК выявлено в пробах воды реки Цемес – 2 ПДК, там же обнаружено повышенное содержание фосфатов – 1,75 ПДК;
- для комфортного пляжного отдыха наиболее оборудован искусственный пляж Алексино;
- большинство исследуемых пляжей можно отнести к разряду 1-го класса, «дикий» пляж Цемесской бухты – ко 2-му классу. В данном районе особенно актуальна необходимость применения дополнительных мер по очистке сточных и предотвращению стока неочищенных ливневых вод.

Береговые системы территории МО город-курорт Анапа:
- на участке исследования проанализированы 4 узловые точки: пляжи, примыкающие к устьям рек Сукко, Шингарь, Анапка, Можепсин;
- на береговых участках, примыкающих к устьям рек, сформированы пляжи, сложенные галькой, мелкими и крупными валунами, а также песчаные пляжи;
- максимальную ширину имеют песчаные пляжи в черте города Анапа и пролегающие к устью реки Можепсин – 40 м, минимальную – пляжи пос. Варваровская щель – 25 м. Берегозащитных сооружений нет;
- анализ проб воды в устьях рек показал, что наиболее загрязненными оказались пробы воды в устье реки Шингарь (нефтепродукты – 3 ПДК, аммонийный азот – 1,14 ПДК, фосфаты – 2 ПДК). В устье реки Анапка обнаружено превышение содержания аммонийного азота – 2,1 ПДК;
- для комфортного пляжного отдыха наиболее развита инфраструктура песчаных пляжей;
- исследуемые рекреационные территории можно отнести к разряду 1-го класса, но, как и для большинства пляжей краснодарского Причерноморья, необходимо применение дополнительных мер по очистке сточных и неочищенных ливневых вод.

В целом береговые системы восточной части Черного моря характеризуются относительной устойчивостью. Исключение составляет береговая зона муниципального образования г. Новороссийск, где имеют место риски как природного, так и антропогенного характера. Тем не менее вся береговая зона исследуемого региона в определенной мере подвержена влиянию природных и антропогенных рисков. Этот факт необходимо учитывать при планировании развития морехозяйственного комплекса региона.

Результаты исследований были получены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-55-40007 Абх_а) и Академии наук Абхазии (грант № 19-00-34) «Разработка научных основ комплексной оценки геоэкологических рисков природного и техногенного характера для целей обеспечения устойчивого развития береговых систем восточной части Черного моря при планировании хозяйственно-экономического комплекса»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косьян Р.Д., Крыленко В.В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.
2. *Косьян Р.Д, Крыленко В.В., Куклев С.Б.* Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // Природа. М.: Наука РАН, 2012. № 2. С. 19–28.
3. *Крыленко М.В., Исупова М.В., Дзагания Е.В.* Современная морфолитодинамика устьевого взморья р. Мзымта (Черноморское побережье России) // Учение о развитии морских берегов: вековые традиции и идеи современности: мат-лы XXIII Междунар. береговой конф. СПб.: РГГМУ, 2010. С. 222–224.
4. *Аракелов М.С., Аракелов А.С., Яйли Е.А., Яйли Д.Е., Мерзаканов С.А., Гогоберидзе Г.Г., Долгова-Шхалахова А.В., Ахсалба А.К., Жиба Р.Ю., Крыленко М.В.* Некоторые аспекты комплексной оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря на основе интегрального подхода // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 106–110.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БЕРЕГОВ КОНТАКТНЫХ ЗОН СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ

В.В. Афанасьев[1], Е.И. Игнатов[2]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
vvasand@mail.ru

Границы геосистем (ГС) представляют собой относительно подвижные зоны взаимовлияний и взаимодействий соседних ГС – контактные географические структуры [Лихачева и др., 2010; Бакланов, 2014; Скрыльник, 2017]. При этом большую часть геоморфологических границ можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии, и к ним приурочена подавляющая часть земных процессов и явлений [Лихачева, Тимофеев, 2007, 2008].

Морфоклиматическая позиция (геопространственные параметры и связанные с ними различия морфолитодинамических показателей) острова Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики позволила нам рассматривать их как контактные зоны морей разного типа, а также морей и океанов. Морфолитодинамические характеристики берегов контактных зон наряду с особенностями гидродинамики и термического режима разделяемых акваторий определяют также и морфоклиматические параметры собственно контактной зоны. Сахалинские берега умеренно холодной северной части Японского моря и субарктического Охотского моря расположены друг от друга в 30–140 км, а океанские и морские берега крупных островов в островодужных системах разделяют первые километры. Таким образом, ветроволновые поля и их взаимодействие с волнами зыби в контактных зонах имеют весьма сложный характер. Температурный режим побережий также в значительной степени зависит от геопространственных параметров контактных зон.

На примере о-ва Итуруп нами рассмотрены особенности современного берегового морфолитогенеза и эоловой аккумуляции, так называемого ближнего переноса, которая относится к специфичным береговым рельефообразующим процессам, суммирующим воздействия в палеогеографическом масштабе времени. Наиболее показательные различия современной морфолитодинамики берегов выявлены при анализе морфометрических параметров мегафестонов пляжа. Оказалось, что на противоположных участках острова размеры океанских мегафестонов более чем в два раза превышают размеры охотоморских мегафестонов (рис. 1).

Весьма интересны особенности эолового морфолитогенеза, связанного с волновой переработкой пемзово-пирокластического материала при эксплозивных извержениях в голоцене, неоплейстоцене. Как оказалось, дюны с морской стороны перешейка Ветровой формировались в результате разрушения высоких береговых уступов, сложенных пемзово-пирокластическим материалом в период усиления размыва при повышении уровня моря около 1,5 тыс. лет назад. Формирование более молодых дюн океанского побережья, очевид-

но, связано с переработкой пирокластического материала, поступившего в береговую зону около 1000 лет назад непосредственно во время извержения [Афанасьев, 2019]. Значительная доля пеплового материала в пирокластике обусловила и очень быстрое формирование толщи пелитовых отложений в бассейне лагунного типа с океанской стороны перешейка Ветровой.

Рис. 1. Охотоморские мегафестоны (L = 400–600 м)

Не менее важным представляется установленное нами явление асимметрии перешейка острова Чугинадак (Алеуты), возможно, связанное с различной интенсивностью проявления цунами с морской и океанской стороны (рис. 2). Следует отметить, что цунами, вызванное землетрясением 1957 года (Mw 8,6), с беринговоморской стороны о. Чугинадак достигало 6,7–9,0 м, с тихоокеанской стороны – 14,9–17,6 м, а на острове Уналашка в 180 км к северо-востоку – 32 ± 2 м [Griswold et al., 2019].

Анализ карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики, в составлении которых принимал участие один из авторов, позволил выявить специфику берегового морфолитогенеза с морской и океанской стороны островных дуг [Национальный атлас России, 2007]. Вычисления произведены в геоинформационной системе Quantum GIS на эллипсе WGS84 EPSG:7030. Полученные данные экспортированы и обработаны в электронных таблицах (рис. 3).

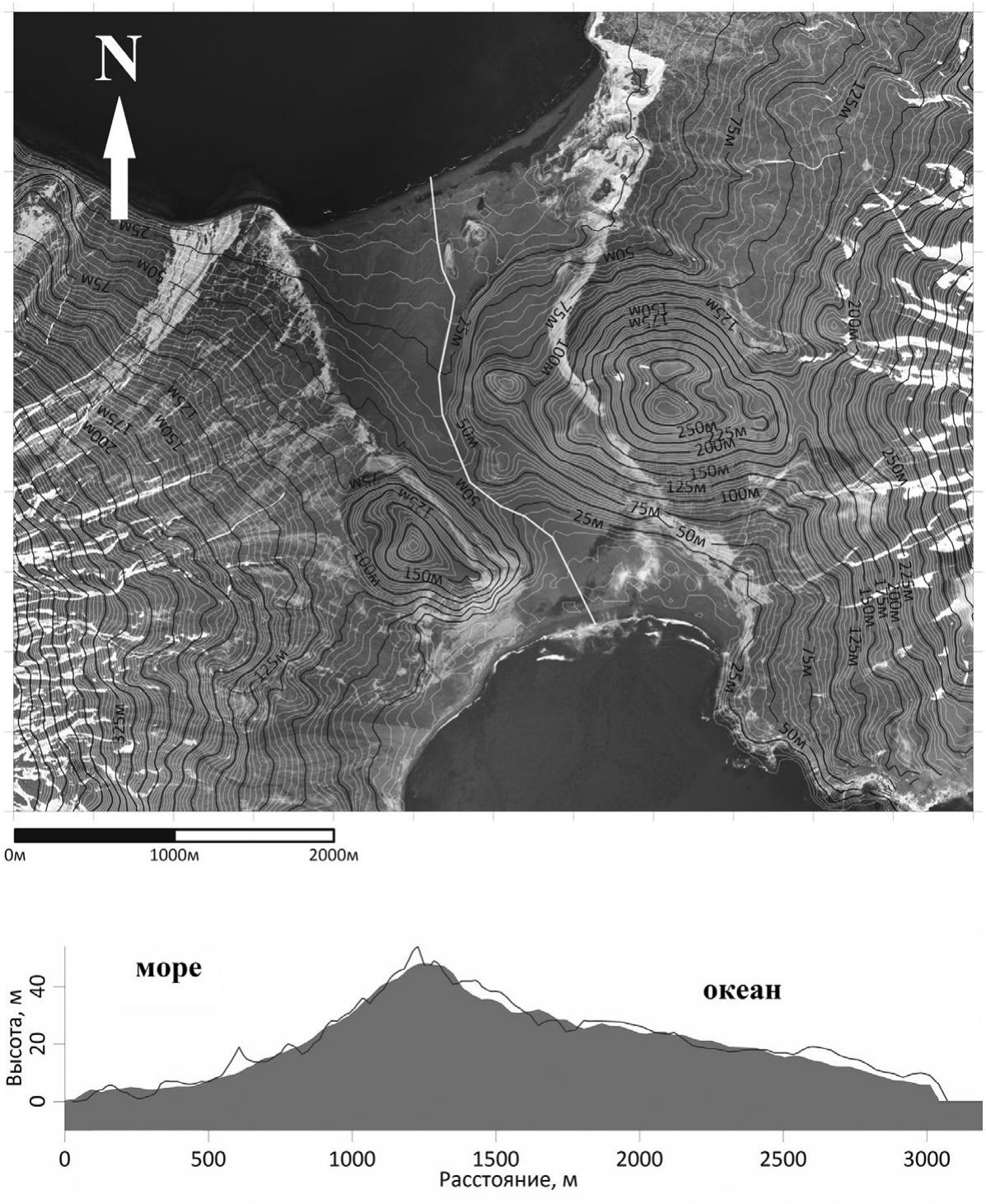


Рис. 2. Асимметрия перешейка о. Чугидак. Рельеф перешейка и залитого профиля построен по данным Shuttle Radar Topography Mission (https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects), выделенная линия профиля построена по данным AW3D30 (https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm)

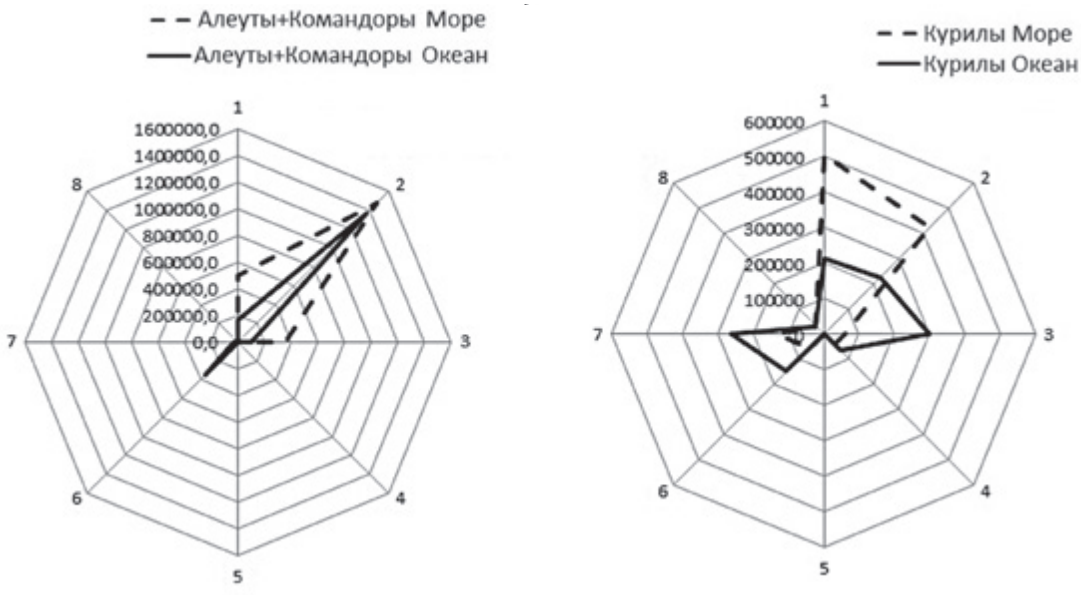


Рис. 3. Распределение морфогенетических типов берегов островодужных систем Северной Пацифики: 1 – с ледниково-тектоническим расчленением (фиордовые), тектонически обусловленные; 2 – абразионно-денудационные; 3 – абразионные (выровненные и бухтовые); 4 – абразионные отмершие; 5 – термоабразионные и ледовые; 6 – абразионно-аккум. (выровненные и бухтовые); 7 – созданные волновыми процессами, пляжевые; 8 – созданные волновыми процессами, лагунные

Как и ожидалось, в процентном отношении морские берега первого и второго типа преобладают над океанскими берегами этих типов как Алеутских островов, так и Курильских. Абразионные берега на Алеутах преобладают на морской стороне, а на Курилах, наоборот, на океанской. Протяженность абразионно-аккумулятивных берегов выше с океанской стороны островодужных систем. Протяженность аккумулятивных берегов также выше со стороны океана как на Курилах, так и на Алеутах. Выявленные особенности морфогенетических типов морских и океанских берегов свидетельствуют о преобладающем вкладе в это распределение именно гидродинамического и термического режима разделяемых акваторий. Морфоклиматические параметры собственно контактной зоны (островной дуги), в отличие от таковых на о. Сахалин на указанное распределение не влияют. Морфотектоническая и структурно-формационная обусловленность развития берегов островных дуг, несомненно, значительна и требует дальнейшего исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-05-00364.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В.В.* О новом типе эолового морфогенеза на вулканогенных берегах (о. Итуруп, Большая Курильская гряда) // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3. №. 4. С. 423–427.

2. *Бакланов П.Я.* Географические и геополитические факторы в региональном развитии // Региональные исследования. 2014. № 2. С. 4–10.
3. *Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А.* К иерархии геоморфологических систем с позиций их организованности // Геоморфология. 2007. № 4. С. 3–8.
4. *Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А.* Анализ геоморфологических систем: основные понятия // Геоморфология. 2008. № 2. С. 14–21.
5. *Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Локшин Г.П.* Физическая сущность геоморфологических границ // Геоморфология. 2010. № 2. С. 3–10.
6. Национальный атлас России. Т. 2: Природа и экология / ред. колл.: А.В. Бородко (предс.), В.Н. Александров, В.М. Котляков, Н.Г. Рыбальский и др. М.: ПКО «Картография», 2007. 496 с.
7. *Скрыльник Г.П.* Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101–106.
8. *Griswold F.R., MacInnes B.T., Higman B.* Tsunami-based evidence for large eastern Aleutian slip during the 1957 earthquake // Quaternary Research. 2019. Т. 91. №. 3. С. 1045–1058.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БЕРЕГОВ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ

В.В. Афанасьев[1], Е.И. Игнатов[2], А.В. Уба[1]

[1]Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
vvasand@mail.ru

Берега дальневосточных морей России от Берингова, Охотского и до Японского, водная циркуляция которых входит в общую циклоническую циркуляцию Северной Пацифики, находятся в пределах нескольких физико-географических поясов (арктического, субарктического и умеренного).

Изменчивость природных условий определила особенности морфолитогенеза морских берегов и специфику их освоения и природопользования применительно к зональной и территориально-пространственной принадлежности.

Как отмечает Г.П. Скрыльник, «Дальний Восток расположен в устойчиво активной переходно-контактной зоне двух величайших структур Земли, в ходе взаимодействия оказывающих мощные системоформирующие влияния в рамках умеренного, субарктического и арктического природно-климатических поясов» [Скрыльник, 2018]. Границы геосистем (ГС) представляют собой относительно подвижные зоны взаимовлияний и взаимодействий соседних ГС – контактные географические структуры [Лихачева и др., 2010; Бакланов, 2014; Скрыльник, 2017]. При этом большую часть геоморфологических границ можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии, и к ним приурочена подавляющая часть земных процессов и явлений [Лихачева, Тимофеев, 2007, 2008].

Географическое положение Дальнего Востока на восточной окраине Евразии на границе с Тихим океаном обусловливает наличие здесь муссонной циркуляции, которая прослеживается примерно до 70° с. ш. [Дзердзеевский, 1975; Тунеголовец и др., 2008]. При этом особенности муссонной циркуляции определяются взаимодействием трех основных муссонных областей [Лисогурский, Петричев 1980]. В узкой полосе вдоль 70° с.ш. развит полярный муссон. От 45° до 65° с.ш. расположена область муссонов умеренных широт. Область устойчивых субтропических муссонов располагается к югу от 45-й параллели. Взаимодействие суши и океана осуществляется взаимодействием трех климатических центров действия атмосферы (сибирского и северо-тихоокеанского антициклонов, алеутской депрессии), а также сезонных центров – охотоморского антициклона и амурской депрессии. Влияние континента проявляется главным образом в виде северо-западного и северного потоков континентального воздуха (зимнего муссона), сильно снижающих отепляющее действие Тихого океана на побережье, а влияние океана проявляется юго-восточными и южными потоками морского воздуха (летнего муссона).

Другими важнейшими морфоклиматическими факторами на побережье являются широтная и погодная дифференциация радиационного притока солнечной энергии, вли-

яние климатических фронтов (арктический и фронт умеренных широт), определяющих интенсивную циклоническую деятельность, тропические циклоны, рельеф и морфоструктурный план побережий.

Современные зональные и провинциальные черты рельефа Дальнего Востока предопределяют сложно и противоречиво взаимодействующие рельефообразующие влияния – континентальные и океанические. Выделено три группы стран с разным ходом развития рельефа при комплексировании с различными воздушными массами. При этом отмечается, что морфоструктурные черты проявляются главным образом в относительной молодости рельефа, а морфоскульптурные – в климоморфогенетическом богатстве облика геосистем [Никольская, 1976; Скрыльник, 2008].

Известно, что долготная физико-географическая секторность и широтная зональность растительного покрова в ландшафтной структуре Европы формируются в значительной мере как результат интерференции потоков тепла и влаги с Атлантического и Северного Ледовитого океанов [Алексеев, Голубев, 2004; Дьяконов и др., 2017]. В случае Северной Пацифики именно морфотектоническое строение континентальных окраин и история их развития в неоген-четвертичное время определили особенности современного климоморфогенеза, долготную секторность и широтную зональность морфолитогенеза на побережье. Следует отметить северо-восточную ориентацию основных морфоструктурных элементов, определяющих основные черты взаимодействия суши и моря, и относительную обособленность дальневосточных морей от Тихого океана в результате развития Курильской и Алеутской островодужных систем. Это привело к тому, что границы климатических поясов на побережье значительно смещены против часовой стрелки [Арчиков, 1979]. Охотское море относится, таким образом, к категории субарктических морей. Соответственно, побережье Охотского моря имеет черты арктических и субарктических берегов. Летние геоморфологические процессы протекают под влиянием условий предшествующей зимы. Североамериканские берега участка умеренного климатического пояса, наоборот, испытывают рельефообразующее влияние субтропического пояса, т.к. в течение всего года береговой морфолитогенез находится под влиянием теплых течений океана.

Анализ карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики позволил выявить специфику берегового морфолитогенеза морей субарктической и умеренной поясности [Национальный атлас России, 2007]. Все карты были оцифрованы в геоинформационной системе Quantum GIS, контуры соответствуют точности исходных карт. Для получения длины береговой линии каждого типа использован инструмент «Добавить атрибуты геометрии» с опцией «Расчет на эллипсе». Вычисления произведены на эллипсе WGS84 EPSG:7030. Полученные данные экспортированы и обработаны в электронных таблицах (рис. 1).

Установлено, что для морей Северной Пацифики характерно двухмодальное распределение протяженности берегов различного типа. Первый максимум относится к абразионно-денудационным скалистым берегам со значительным вкладом в процессы разрушения физического выветривания. Второй пик формируют абразионно-аккумулятивные берега. Самый высокий процент от общей протяженности береговой линии берега этого типа составляют на Японском море и значительно меньший, даже с учетом берегов 7 и 8 типов, – на Охотском море. Интересно, что протяженность берегов 4-го типа с отмершим абразионным уступом в процентном отношении на Охотском море выше, чем на Японском море. Подобное распределение типов берегов наряду со структурно-геологиче-

скими особенностями строения побережий может быть связано с различными стадиями зрелости берегов субарктических морей, с устойчивым ледовым покровом и припаем и берегов умеренно холодных морей, характеризующихся продолжительным периодом «открытого моря» при отрицательных температурах воздуха.

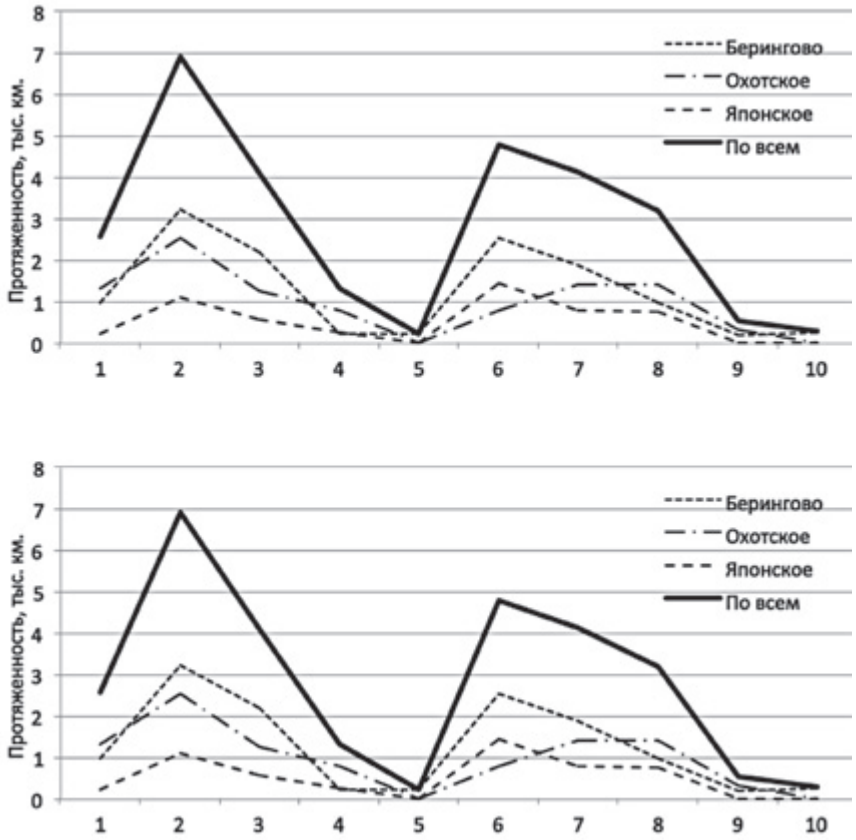


Рис. 1. Протяженность типов берегов морей Северной Пацифики. Типы берегов:
1 – с ледниково-тектоническим расчленением (фиордовые), тектонически обусловленные;
2 – абразионно-денудационные; 3 – абразионные (выровненные и бухтовые);
4 – абразионные отмершие; 5 – термоабразионные и ледовые; 6 – абразионно-аккум.
(выровненные и бухтовые); 7 – созданные волновыми процессами, пляжевые;
8 – созданные волновыми процессами, лагунные; 9 – созданные приливными
и сгонно-нагонными процессами; 10 – созданные устьевыми процессами (дельтовые)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-05-00364.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Б.А., Голубев Г.Н.* Глобальная модель современных ландшафтов мира // Функционирование и современное состояние ландшафтов / отв. ред.: К.Н. Дьяконов, Э.П. Романова. М.: Изд. дом «Городец», 2004. С. 319–326.
2. *Арчиков Е.И.* Особенности формирования рельефа берегов Тихого океана в субарктическом и умеренном климатических поясах // Исследования глобальных факторов

климорфогенеза Дальнего Востока: сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 70–78.
3. *Бакланов П.Я.* Географические и геополитические факторы в региональном развитии // Региональные исследования. 2014. № 2. С. 4–10.
4. *Дзердзеевский Б.Л.* Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука, 1975. 288 с.
5. *Дьяконов К.Н., Варлыгин Д.Л., Ретеюм А.Ю.* Влияние океанов на физико-географическую зональность по спутниковым данным о фотосинтезе // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 2. С. 11–15.
6. *Лисогурский Н.И., Петричев А.З.* Распространение муссона над Восточной Азией и степень его устойчивости // Метеорология и гидрология. 1980. № 5. С. 54–59.
7. *Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А.* К иерархии геоморфологических систем с позиций их организованности // Геоморфология. 2007. № 4. С. 3–8.
8. *Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А.* Анализ геоморфологических систем: основные понятия // Геоморфология. 2008. № 2. С. 14–21.
9. *Лихачева Э.А. Маккавеев А.Н., Локшин Г.П.* Физическая сущность геоморфологических границ // Геоморфология. 2010. № 2. С. 3–10.
10. Национальный атлас России. Т. 2: Природа и экология / ред. колл.: А.В. Бородко (предс.), В.Н. Александров, В.М. Котляков, Н.Г. Рыбальский и др. М.: ПКО «Картография», 2007. 496 с.
11. *Никольская В.В., Скрыльник Г.П.* Тенденции развития рельефа природных зон и провинций Дальнего Востока // Климатическая геоморфология Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 5–19.
12. *Скрыльник Г.П.* Ведущие климатические факторы развития экзогенного рельефа // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. 2008. С. 77–81.
13. *Скрыльник Г.П.* Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101–106.
14. *Скрыльник Г.П.* Аномальные природные процессы и явления Российского Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 114–124.
15. *Тунеголовец В.П., Гарцман Б.И., Крохин В.В.* Климат и гидрография // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. 2008. С. 119–143.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ г. СЕВАСТОПОЛЯ

А.В. Вареник, С.К. Коновалов

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь

Изучение источников поступления биогенных элементов в водные экосистемы приобретает ключевое значение для выяснения реального уровня продуктивности того или иного водоема. Традиционно источниками биогенных элементов для продуктивного слоя моря считаются материковый сток и поступление из более глубоких слоев вод. Но характеристики (распределение и мощность) этих источников часто не могут объяснить особенности баланса питательных веществ и продукционных характеристик той или иной акватории. Перенос биогенных веществ с воздушными массами и их поступление с атмосферными выпадениями один из важных, но слабо изученных процессов даже на качественном уровне, не говоря о его количественных и пространственно-временных характеристиках.

Поступление биогенных элементов на морскую поверхность с атмосферными осадками может быть одной из причин развития в водоеме внезапного интенсивного цветения фитопланктона. Особенно это касается прибрежных акваторий вблизи индустриально развитых городов, которые представляют собой мощные локальные источники биогенных элементов в атмосферу, а затем и на поверхность моря с атмосферными выпадениями. Поэтому отсутствие данных о потоках биогенных элементов с атмосферными выпадениями в урбанизированных районах может привести к неполному пониманию антропогенного воздействия на цикл азота, некорректному оцениванию как величины, и изменчивости, так и биогеохимических последствий поступления соединений азота антропогенного происхождения в окружающую среду.

Севастополь является одним из наиболее развитых городов Крымского побережья Черного моря, для которого характерно выраженное техногенное влияние на окружающую среду. Для Севастополя характерна развитая инфраструктура, связанная с морской деятельностью, к тому же за последние 5 лет увеличилось население города, количество автотранспорта, объем сжигаемого топлива для выработки электроэнергии и обеспечения горячей воды и отопления в зимний период. По данным отдела Госавтоинспекции, в г. Севастополь к концу 2014 г. количество автомобилей в городе возросло в 7 раз по сравнению с уровнем 2000 г. и составило более 112 тыс. ед., а в 2019 г. – более 158 тыс. ед. Все это обусловливает повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха и, как следствие, увеличение минерализации атмосферных осадков.

В представленной работе анализируются многолетние изменения поступления соединений неорганического азота с атмосферными осадками в г. Севастополь и зависимость этих изменений от метеоусловий формирования этих осадков. Пробы атмосферных осадков отбирались на гидрометеорологической станции (МГС «Севастополь») в течение 2004–2008 гг. и затем с 2015 г. по настоящее время (рис. 1). В эти периоды проводился мониторинг

количества атмосферных осадков и выполнялся анализ концентрации неорганических соединений азота в этих осадках.

Рис. 1. Станция отбора проб атмосферных осадков в Севастопольской бухте (http://biofile.ru/bio/22701.html)

Согласно [Руководство … 1991], если осадки выпадали с перерывом менее 1 ч и при неизменной облачности, их отбирали в одну емкость. При перерыве более 1 ч атмосферные осадки отбирали как отдельные пробы.

Метеостанция работает в круглосуточном режиме, что обеспечивает возможность не только своевременного отбора проб (не теряя первые, наиболее концентрированные порции атмосферных осадков), но и получения точных метеоданных: скорости и направления ветра, относительной влажности и температуры воздуха, а также количества осадков. В данной работе проводится анализ взаимосвязи концентрации неорганического азота в атмосферных осадках только с их количеством.

Для указанных временных периодов была построена зависимость концентрации азота в осадках от количества выпавших осадков, а для периода 2009–2014 гг., когда отбор проб атмосферных осадков не производился, было использовано уравнение множественной нелинейной регрессии [Varenik, 2018], описывающее изменение концентрации неорганического азота в атмосферных осадках в зависимости от метеоусловий.

Всего за 2004–2008 и 2015–2019 гг. было отобрано и проанализировано более 600 проб атмосферных осадков, в каждой пробе было проанализировано содержание неорганических соединений азота: нитратов, нитритов и аммония. Каждому полученному значению концентрации неорганического азота в атмосферных осадках соответствовали метеоусловия, наблюдающиеся на момент начала выпадения осадков, а также общее количество выпавших осадков.

В ходе обработки данных было установлено, что изменение средневзвешенной годовой концентрации соединений неорганического азота в атмосферных осадках обратно пропорционально изменению их среднего за год количества (рис. 2).

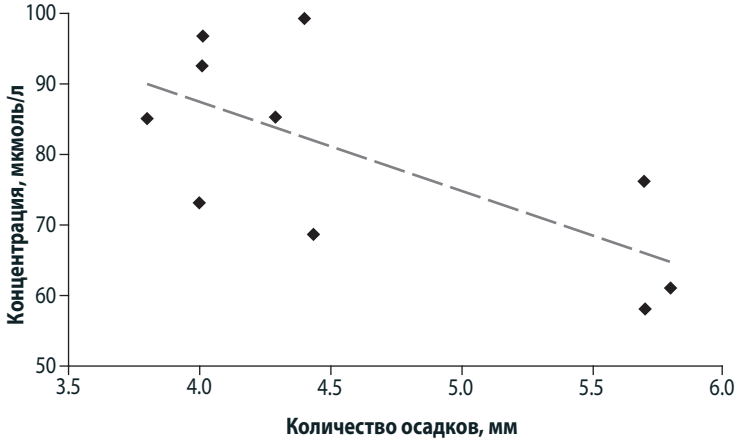


Рис. 2. Зависимость средневзвешенной концентрации соединений неорганического азота в атмосферных осадках от среднего количества выпавших осадков в период 2004–2008 и 2015–2019 гг.

Если данные средневзвешенной годовой концентрации соединений неорганического азота в атмосферных осадках и среднего количества выпавших осадков в рассматриваемые периоды времени нанести на один график (рис. 3), то также можно увидеть явную обратную зависимость данных величин: возрастание средневзвешенной концентрации соответствует снижению количества выпавших осадков. При этом наблюдается квазипериодическое изменение и концентрации, и количества осадков.

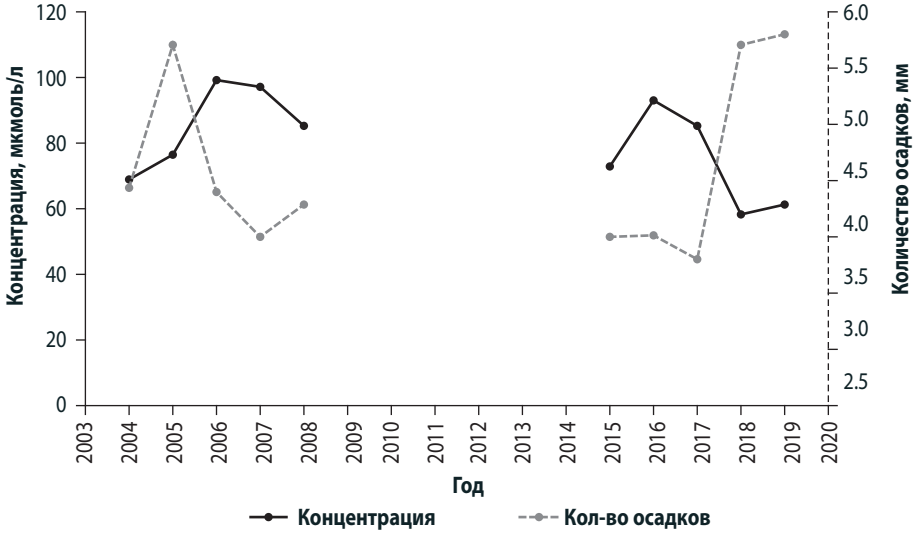


Рис. 3. Изменение средневзвешенной концентрации соединений неорганического азота и среднего количества выпавших атмосферных осадков

В работе [Varenik, 2018] нами было получено уравнение множественной нелинейной регрессионной зависимости, которое позволяет оценить изменение концентрации неорганического азота в атмосферных осадках в период времени, когда непосредственный отбор проб не проводился. Учитывая, что осадки являются одним из наиболее значимых метеорологических параметров, имеющих свои особенности, вносимые влиянием моря в их распределение в течение года [Ефимов, Анисимов, 2012], и их количество определяет

до 85 % суммарной зависимости концентрации соединений неорганического азота от метеопараметров [Varenik, 2018], было решено использовать уравнение множественной нелинейной регрессии в части зависимости от количества осадков, опуская остальные метеопараметры (рис. 4). Данные о количестве осадков за период 2009–2014 гг. были предоставлены сотрудниками МГ «Севастополь».

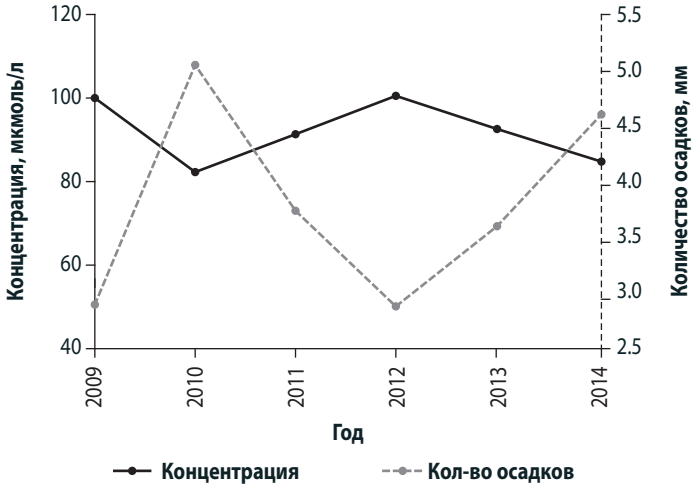


Рис. 4. Изменение концентрации неорганического азота, рассчитанной с использованием уравнения регрессии, и среднего количества выпавших атмосферных осадков в период 2009–2014 гг.

На рисунке 5 показано изменение концентрации соединений неорганического азота в атмосферных осадках и количества выпавших осадков за период с 2004 по 2019 г. как за периоды непосредственного измерения концентрации азота в осадках в 2004–2008 гг. и 2015–2019 гг. (рис. 5*а*), так и за весь период исследований в целом (рис. 5*б*).

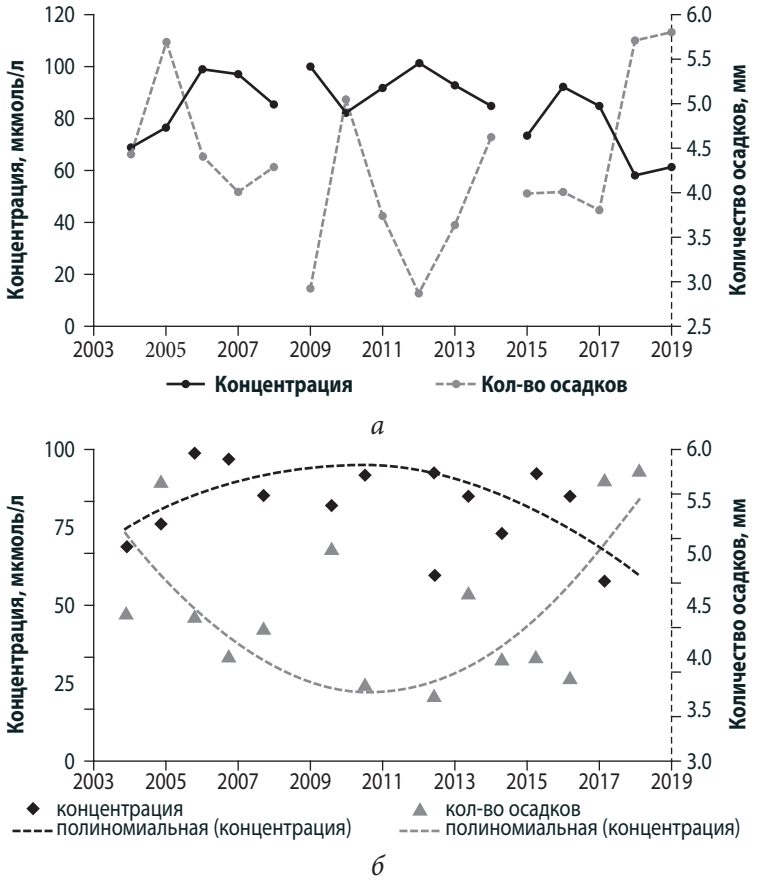


Рис. 5. Изменение средневзвешенной концентрации неорганического азота в атмосферных осадках и среднего количества выпавших атмосферных осадков: *а* – за три отдельных временных периода; *б* – в целом за 2004–2019 гг.

Из графика на рисунке 5 можно сделать вывод о том, что данные о концентрации неорганического азота в пробах атмосферных осадков, полученные с использованием величины среднегодового количества осадков, выпавших на территории г. Севастополь, достаточно хорошо вписываются в общую картину изменения средневзвешенной концентрации неорганического азота, полученной на основе натурных наблюдений. При рассмотрении трех временных периодов в отдельности (рис. 5*а*) можно наблюдать квазипериодическое изменение обоих параметров: после некоторого возрастания идет спад. Но в целом сохраняется обратная зависимость концентрации неорганического азота в атмосферных осадках и количества выпавших осадков в г. Севастополь (рис. 5*б*).

В ходе работы было показано, что, имея данные только о среднем количестве осадков, выпавших за определенное время, даже в отсутствии данных о других метеопараметрах, можно оценить величину концентрации неорганического азота в атмосферных осадках. Это особенно актуально в тех районах, где непосредственный отбор проб атмосферных осадков ограничен или невозможен.

Работа выполнена в рамках темы госзадания ФГБУН ФИЦ МГИ № 0827-2020-0003 и проекта РФФИ № 18-05-80028 Опасные явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефимов В.В., Анисимов А.Е.* Влияние Черного моря на региональный климат // Морской гидрофизический журнал. 2012, № 2. С. 37–49.
2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89. 1991. (Действующий с 1991-07-01).
3. *Varenik, A.V.* Applying the Brandon Method to Estimate the Concentration of Inorganic Nitrogen in Precipitation // Russ. Meteorol. Hydrol. 44, 326–330 (2019). URL: https://doi.org/10.3103/S1068373919050030

СОВРЕМЕННЫЕ УГРОЗЫ В ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Е.Б. Гольдин

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
Evgeny_goldin@mail.ru, evgenygoldin5@gmail.com

Прибрежные и/или приморские территории важны для познания закономерностей процессов, происходящих в окружающей среде; как пограничные экосистемы Крымского Субсредиземноморья, они особо чувствительны и динамичны. Проблема сохранения уникальных лесных ландшафтов побережья носит глобальный характер. Задачи охраны и восстановления лесного покрова планеты получили всеобщее признание, о чем свидетельствуют решения международных организаций последних лет, в частности принятая ООН Декада восстановления экосистем на 2021–2030 гг. [Global Forest Resources Assessment … 2010; Резолюция … 2015; New UN decade … 2019]. Эти документы предусматривают активные действия по предотвращению утраты экосистем и биоразнообразия. Система особо охраняемых природных территорий (ООПТ), охватывающая 13,0 % лесов Земли, позволяет сдерживать деструктивные процессы [Состояние лесов мира … 2016]. На побережье Крыма она насчитывает около 50 объектов, которые были созданы на протяжении длительного периода, обладают природоохранным статусом разного уровня (от природных заповедников до памятников природы) и расположены от мыса Фиолент до хребта Тепе-Оба и мыса Такиль. Но состояние заповедных лесных экосистем зависит от ряда факторов. Цель представленной публикации заключается в выявлении спектра существующих угроз для лесных ООПТ крымского побережья и определении подходов к вопросам обеспечения биологической безопасности в заповедных условиях.

Проанализированы отечественная и мировая научная и научно-техническая литература и документация, в т.ч. материалы природоохранных организаций, и нормативно-правовые основы создания и функционирования ООПТ побережья Крыма. Обследовано общее состояние заповедных лесных насаждений при помощи традиционных методов, включая регулярные обходы по специально разработанным маршрутам. Сбор материала проводили с 2005 г., для чего использованы личные наблюдения процессов, происходящих в природных комплексах исследуемой территории. Исследованы негативные факторы природного и антропогенного характера, оказывающие влияние на лесные экосистемы.

Несмотря на индивидуальный характер всех приморских ООПТ, комплекс угроз для каждой из них имеет общие черты [Araújo et al., 2011], позволяющие представить реальное положение и наметить некоторые аспекты решения существующих проблем. Необходимо подчеркнуть, что происходит комплексное взаимодействие природных и антропогенных факторов, и их дифференциация весьма условна.

Природные угрозы:

1. Абиотические факторы.

1.1. Климатические изменения носят постоянный характер в соответствии с мировыми тенденциями последних десятилетий [Milad et al., 2011] и могут представлять потенциаль-

ную опасность для ООПТ. Не исключено, что нарушения в температурном балансе ведут к росту аридизации и ксерофитизации экосистем, сокращению ареалов и гибели редких и исчезающих видов, нарушению водного режима и соотношения между организмами с различными типами питания.

1.2. Экзогенные геоморфологические процессы (оползни, сели, эрозия, формирование бедлендов), тесно связаны с экстремальными метеорологическими явлениями. Особо нужно отметить интенсивные селевые потоки на реках Юго-Восточного Крыма. Эти явления, затрагивающие заповедные лесные территории, разрушают характерные местообитания и наносят непоправимый ущерб биологическому и ландшафтному разнообразию.

2. Биотические факторы.

2.1. Насекомые-фитофаги и их оценка. Набор фитофагов в лесных ООПТ насчитывает десятки видов. Но специфика защитных мероприятий в этих экосистемах заключается в необходимости сохранения биоразнообразия в полном составе, т.к. концепция заповедности исключает какое-либо вмешательство извне. Растительноядные членистоногие, наряду со своими конкурентами и врагами, служат неотъемлемой частью ценозов и носителями генетической информации. Чаще всего фитофаги представлены массовыми видами, поэтому истребительные действия способны привести к существенным сдвигам равновесия в природе, нарушению сложившихся связей и выпадению ряда звеньев в системе «хищник – фитофаг – растение» и к негативным последствиям в лесных заповедниках. Допустимы лишь действия, направленные на снижение вредоносности растительноядных организмов: при вспышках массового размножения определенных видов (непарного шелкопряда *Lymantria dispar*, как правило, один раз в два-три года) [Мєшкова и др., 2008], особенно чужеродных – американской белой бабочки *Hyphantria cunea*, клопов дубовой кружевницы *Corythucha arcuate* и соснового семенного *Leptoglossus occidentalis* и др. Радикальные меры в области уничтожения фитофагов негативно влияют и на защитные механизмы самих растений, которые замедляют и/или снижают темпы питания консументов, не убивая их. Экосистемные подходы в защите растений ООПТ предусматривают полное исключение препаратов химического синтеза из общей схемы [Ecological Farming, 2015]: на смену им приходит использование хищников, паразитов и патогенов в качестве естественных факторов регулирования численности и ограничения вредоносности растительноядных организмов. Этому способствует биологическое и ландшафтное разнообразие заповедных структур и их сбалансированное сохранение в первозданном виде [Bianchi et al., 2006]. Для контроля роста численности фитофагов используют микробные патогены (бактерии, грибы, вирусы), способные вызвать эпизоотии, и препараты на их основе, созданные в СССР, России, Украине и Белоруссии [Штерншис, 2012; Штерншис и др., 2016; Прищепа и др., 2016].

2.2. Одичавшие животные. В последние годы многочисленные группировки одичавших собак появились в лесных местообитаниях, нанося ощутимый ущерб местной фауне и состоянию окружающей среды. Их численность неизвестна, т.к. их систематические учеты не проводятся. Причины этого явления связаны с естественными (пустующая в Крыму экологическая ниша крупного хищника и отсутствие конкуренции) и антропогенными факторами. В Крыму остаются неизученными многие аспекты обитания одичавших собак.

Антропогенные угрозы представляют набор факторов негативного влияния на приморские ООПТ. Среди них доминируют три блока проблем.

1. Одна из ключевых проблем существования ООПТ, особенно в привлекательных местах, заключается в необходимости *устранения противоречий между природоохран-*

ными задачами и потребностями местного населения. Мировой опыт показывает, что нормальное функционирование ООПТ невозможно без корреляции этих векторов. Для предотвращения возможных противоречий и конфликтных ситуаций требуется разработка специальных комплексных программ, позволяющих решать социально-экологические проблемы, наряду с реальным ростом благосостояния людей [Zhang et al., 2020].

2. *Хозяйственная и рекреационно-туристическая деятельность на сопредельных территориях* неблагоприятно влияет на состояние заповедных экосистем. В результате развития бесконтрольного туризма и рекреации с 1970-х гг. возросли нагрузки на прибрежные акватории и леса, расположенных близ ООПТ, что неизбежно отражается на их состоянии: происходит ухудшение состояния лесных экосистем, фрагментация древесно-кустарниковых массивов, снижение биологического и ландшафтного разнообразия. Ныне ситуация обострилась на фоне падения культурного и материального уровня, хаотичной несанкционированной застройки, роста загрязнения территории и захватов лесных массивов и участков прибрежной зоны.

3. *Пирогенная ситуация.* Расширение заповедных угодий, охваченных пожарами, и рост числа возгораний в приморской зоне в последние годы приводит к снижению продуктивности экосистем и биоразнообразия, нарушениям процессов естественной динамики и цикличности развития заповедной биоты. Практически все возникающие пожары носят антропогенный характер, и по данным WWF представляют главную причину гибели заповедных лесов в РФ, причем большая часть происшествий связана с активной хозяйственной деятельностью на сопредельных территориях. В Крыму наиболее восприимчивы к возгораниям леса из сосны крымской *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (табл. 1).

Таблица 1

Пожары на территории участка Алупкинского научно-исследовательского природоохранного отделения Ялтинского горно-лесного природного заповедника (ЯГЛПЗ), 2018 г. (все пожары возникли по вине местного населения)

Дата	Координаты	Площадь, га	Вид и интенсивность пожара	Ущерб, руб.
02.05.2018	44° 26' 2" с.ш., 34° 5' 25" в.д.	0,025	Низовой беглый *	1977,6
09.06.2018	44° 26' 5" с.ш., 34° 4' 40" в.д.	0,087	То же **	3028,2
12.08.2018	44° 26' 48" с.ш., 34° 5' 8" в.д.	0,34	То же *	14749,6
03.09.2018	44° 26' 7" с.ш., 34° 5' 15" в.д.	0,035	То же **	763,02
27.09.2018	44° 26' 18" с.ш., 34° 3' 21" в.д.	0,033	То же *	8320,74
12.10.2018	44° 25' 52" с.ш., 34° 4' 30" в.д.	0,0005	То же *	633,0
12.10.2018	44° 26' 29" с.ш., 34° 4' 6" в.д.	0,03	То же *	4262,2
05.11.2018	44° 27' 6" с.ш., 34° 3' 38" в.д.	0,71	То же **	16534,12
05.11.2018	44° 26' 8" с.ш., 34° 7' 3" в.д.	0,71	То же **	3716,28

Примечание: условия, способствовавшие развитию пожара:
* хвойный отпад, лесная подстилка;
** ветер, СВ, 7–12 м/сек.

С начала 2020 г. на территории ЯГЛПЗ произошло 14 возгораний. Общая площадь пожаров составила около 4,53 га (всего в Крыму за этот период 41), причем все они возникли по вине людей.

В результате проведенных исследований установлено:

1. Комплекс угроз, характерных для заповедных экосистем Крымского Субсредиземноморья определяет актуальность разработки новой концепции их сохранения.
2. Концепция должна предусмотреть мероприятия по организации сопредельных территорий, включая восстановление первичных ландшафтов, в первую очередь ранее уничтоженных лесных массивов.
3. Система защиты заповедных приморских лесов от фитофагов заключается в необходимости сохранения биоразнообразия в полном составе.
4. Одичавшие животные подлежат детальному исследованию с последующим предложением мер по их нейтрализации.
5. Существует необходимость формирования современных экологически безопасных рекреационно-туристических направлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мєшкова В.Л., Сволинський М.Д., Копилов А.О.* Динаміка осерелків массового розмноження непарного шовкопряду в Криму. Лісівництво і агролісомеліорація. Вип. 114. Харків: УкрНДІЛГА, 2008. С. 159–163.
2. *Прищепа Л., Станкявичене А., Снешкене В.* Спектр активности *Bacillus thuringiensis* бактериальных препаратов против вредителей // / Miestų želdynų formavimas. 2016. 1 (13). P. 315–322.
3. Резолюция A/70/L.1, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 г. Преобразование нашего мира. Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. 44 с.
4. Состояние лесов мира – 2016: Леса и сельское хозяйство: проблемы и возможности землепользования. Рим: ФАО, 2016. 136 p.
5. *Штерншис М.В.* Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 92–100.
6. *Штерншис М.В., Беляев А.А, Цветкова В.П., Шпатова Т.В., Леляк А.А., Бахвалов С.А.* Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2016. 284 с.
7. *Araújo M.B., Alagador D., Cabeza M., Nogués-Bravo D., Thuiller W.* Climate Change Threatens European Conservation Areas // Ecology Letters. 2011. 14, 5. P. 484–492.
8. *Bianchi F.J.J., Booij C.J.H., Charntke T.* Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control // Proc. R. Soc.: Biol. Sci. 273 (1595). 2006. P. 1715–1727.
9. Ecological Farming: The seven principles of a food system that has people at its heart. Greenpeace's Food and Farming Vision. Food and Agricultural Organization of the United Nations: Greenpeace, 2015. 68 p.
10. Global Forest Resources Assessment 2010: Main report. FAO UN: Rome, 2010. 378 p.

11. *Milad M., Bürgi M., Schaich H., Konold W.* Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges // Forest Ecology and Management. 2011. 261 (4). P. 829–843.
12. New UN decade on ecosystem restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change. Accessed 2019-03-15. URL: https://www.unenvironment.org.
13. *Zhang Y., Hu Y., Bo Zh., Li Y., Zhang X., Xie Yi.* Conflict between nature reserves and surrounding communities in China: An empirical study based on a social and ecological system framework // Global Ecology and Conservation. 2020. 21. P. 1–12.

ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ МАКРОЭПИБИОНТОВ В ЗАРОСЛЯХ ЦИСТОЗИРЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Л.Б. Далёкая

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь
dalekaya1950@mail.ru

В прибрежных водах Черного моря региона Юго-Западного Крыма структурообразующим доминантным видом бентосных фитоценозов являются 2 вида бурых водорослей семейства Sargassaceae *Cystoseira crinita* (Desf) Bory и *C. barbata* C. Ag. Эти многолетние растения имеют разновозрастную и разветвленную структуру и служат субстратом при формировании сообществ эпибионтов. Типичными обитателями в сообществе цистозиры являются брюхоногие моллюски, они доминируют там по биомассе и занимают 2–3 место по численности [Маккавеева, 1975]. Моллюски, обитающие в зарослевых биоценозах цистозиры Черного моря, ранее изучены и выявлены тенденции сокращения их численности [Маккавеева, 1959; Маккавеева, 1979; Маккавеева, 1987]. Однако в последнее время подобных исследований практически не проводилось.

Материалом послужили макроэпибионты в зарослях *C. crinita* в прибрежной зоне сублиторали на глубинах 0,5; 1; 3; 5; 10; 15 м, выполненные у Серой скалы, мыса Шпиталь и урочища Инжир в июле 2015 г. Для оценки современного состояния макроэпибионтов в ассоциациях водорослей использовали стандартный метод сбора с применением легководолазной техники. В лаборатории проводили смыв с водоросли и отбирали моллюсков. Определяли их видовой состав, сырую массу и подсчитывали количество особей каждого вида. Одновременно взвешивали кусты водорослей. При обработке материала численность прикрепленных видов беспозвоночных определяли на живом материале под бинокуляром, а биомассу обрастания – методом прямого взвешивания и рассчитывали на кг цистозиры.

В поселениях цистозиры формируются сообщества малораспространенных и массовых видов сессильных организмов. Среди прикрепленных видов эпизодически встречаются: гидроид *Gonothyrata longissima* (Pallas), мшанки *Cryptosula pallasiana Moll* и *Conopeum seurati* (Canu), *Bowerbankia imbricata* (Adams), *Scrupocellaria bertholletii* Aud var. capreolus, полихета *Spirorbis pusilia* Rathke, оболочники *Botryllus schlosseri* (Pallas), *Diplosoma listerianum* (Milne Edwards, 1841), *Molgula euprocta* Drasche, усоногий рак *Balanus improvisus Darwin, 1854*, моллюски *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. В районе юго-западной акватории Крыма среди большего разнообразия гидробионтов, обитающих в зарослях цистозиры, доминирующей группой по численности и биомассе во все сезоны являются моллюски – Bivalvia и Gastropoda [Киселева и др., 2011; Макаров, 2005; Маккавеева, 1979].

Основной вклад в численность и биомассу населения цистозиры вносят моллюски брюхоногие *Bittium reticulatum* (Da Costa, 1778), *Rissoa parva* (Da Costa, 1778), *R. splendida* 1830 и двухстворчатый *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791). В исследуемых районах выявлено различное соотношение общего сырого веса моллюсков и цистозиры.

В районе урочища Инжир наблюдается увеличение сырой массы моллюсков с увеличением биомассы цистозиры на глубинах 0,5, 1 и 3 м. На глубине 5 м отмечено увеличение массы моллюсков до максимальных значений при уменьшении массы водоросли. На глубинах 10 и 15 м происходит значительное снижение обоих показателей.

В районе скалы Шпиталь сырая биомасса моллюсков на глубинах 0,5 и 15 м минимальна. С увеличением глубины до 1 и 3 м эта величина возрастает почти в 3 раза. На глубине 5 м масса моллюсков несколько снижается, а на 10 м превосходит все величины. Сырая масса цистозиры на глубинах 0,5, 1 и 3 м практически одинакова с максимальными значениями. На глубине 5 м эта величина уменьшается почти вдвое, а на 10 м – увеличивается. На 15 м выявлена наименьшая сырая масса водоросли.

В районе Серой скалы выявлено волнообразное накопление сырой массы цистозиры с максимальными значениями на глубинах 0,5 и 3 м. Несколько меньшая масса водорослей обнаружена на глубинах 1, 5 и 10 м, минимальная – на 15 м. Сырая масса моллюсков при уменьшении веса водорослей на глубинах 1 и 5 м увеличивается. Минимальные значения массы моллюсков выявлены на глубине 15 м.

В исследуемых районах среди двухстворчатых моллюсков доминирующим по численности является *M. lineatus*. Динамика численности моллюска по глубинам существенно отличается в исследуемых районах. Наибольшая численность *M. lineatus* выявлена в районе Серой скалы на всех глубинах. Максимальная плотность моллюсков более 9 тыс. экз./кг зарегистрирована на глубине 3–5 м. В этом районе и у скалы Шпиталь с глубиной до 5 м увеличивается численность митилястера. На глубине 10 и 15 м наблюдается снижение численности в 2–4 раза. В районе урочища Инжир минимальная численность моллюсков выявлена на глубине 3 и 5 м. В районе мыса Шпиталь на этих глубинах отмечены максимальные значения численности *M. lineatus*.

Разброс значений численности *M. lineatus* связан с разнообразием размерных характеристик моллюсков. Во всех районах преобладают *M. lineatus* размером менее 0,1 см. Митилястер более крупных размеров выявлен в единичных экземплярах.

Массовыми видами брюхоногих моллюсков, обитающими на прибрежной растительности в районе Севастополя, являются *R. splendida* и *R. parva* и *B. reticulatum* [Чухчин, 1984].

Моллюск *B. reticulatum* в районе Серой скалы доминирует на глубинах 1 м, 3 м, 10 и 15 м. Наибольшая численность выявлена в районе мыса Шпиталь на глубине 5 м. Моллюск *R. parva* доминирует на всех глубинах, кроме 5 м и 15 м. Аналогичная закономерность характерна и для *R. splendida*.

Значения численности *B. reticulatum* по районам составляют от 50 до 14 400 экз/кг. Численность *R. parva* колеблется от нулевых значений до 2000 экз/кг.

Моллюск *R. splendid*а в районах значительно превышает численность *B. reticulatum* и *R. parva*. Пик его численности, как правило, выявлен на глубине 3 м. В ряде случаев наблюдается максимальные значения на глубине 0,5 и 1 м. Численность R. parva минимальна или сопоставима с количеством *B. reticulatum*.

Таким образом, в зарослях цистозиры у Инжира, Серой скалы и скалы Шпиталь доминирующим по численности среди двухстворчатых моллюсков является *M. lineatus*. По биомассе и в ряде случаев по численности – брюхоногие моллюски *B. reticulatum*, *R. parva*, *R. splendida*. При этом выявлено неравномерное распределение массовых видов в поселениях цистозиры, что, вероятно, определяется локальными особенностями акватории и точки наблюдений.

Межгодовые наблюдения за развитием сообществ позволяют выявить многолетнюю тенденцию динамики численности и биомассы массовых видов макроэпибионтов. В период

с 1954 по 2005 гг. численность брюхоногих моллюсков на талломе цистозиры в акватории Севастополя уменьшилось почти в 50 раз [Макаров, 2005]. При этом с 1954 и по 1971 гг. общее обилие брюхоногих моллюсков на цистозире практически не изменилось. Только в конце 1970-х гг. были отмечены тенденции сокращения обилия гастропод в зарослевых сообществах, что связывают с увеличением общего уровня загрязнения акватории [Маккавеева,1959; Маккавеева, 1987]. В начале XXI века основные изменения в сообществах цистозиры в акватории крымского прибрежья Черного моря произошли в численности риссой, их численность за 50 лет сократилась почти в 60 раз [Макаров, 2005].

По данным наших исследований, максимальная численность *R. parva* в районе урочища Инжир достигает 33 150 экз/кг, у Серой скалы только 1533 экз/кг и у скалы Шпиталь – 270 экз/кг. Значения максимальных величин *R. splendida* в данных районах соответственно составляют 786 экз/кг, 4491 экз/кг и 43950 экз/кг.

Значительные изменения численности произошли у *B. reticulatum*. В середине 1950-х гг. в районе Севастополя численность биттиумов была сравнительно невысокой и составляла около 520 экз/кг, что было значительно меньше данного показателя у риссой [Маккавеева, 1979]. В структуре видового состава Gastropoda в сообществе цистозиры *B. reticulatum* занимал второе место. В 1971 г. численность данного вида составила уже почти 2 тыс. экз/кг, и он стал одним из доминирующих видов на цистозире по биомассе же он занял первое место. В 1979 г. биттиум вышел на первое место и по численности за счет резкого сокращения численности риссой [Маккавеева,1979].

В 2000–2005 гг. обилие биттиумов снизилось в 22 раза и составило около 60 экз/кг, при этом численность биттиумов и риссой почти сходна и эти виды являются массовыми [Макаров, 2005].

В 2015 г. в районе урочища Инжир численность *B. reticulatum* достигала 1119 экз/кг, у Серой скалы 77 607 экз/кг и у скалы Шпиталь – 31 800 экз/кг.

Таким образом, количественное развитие макроэпибионтов на *C. crinita* определяется многолетними флуктуациями, как показано также для других сообществ [Далекая, 2010]. При этом выявлено изменение не только численности массовых видов гастропод, но и их соотношение. Несмотря на различия условий местообитания видовой состав доминирующих видов в исследованных районах имеет сходные черты. Руководящими видами эпибионтов в зарослях цистозиры являются *M. lineatus*, *R. parva*, *R. splendida*, *B. reticulatum*. Распределение массовых видов и их соотношение в ассоциациях цистозиры определяется локальными особенностями условий обитания и тенденцией их многолетних изменений.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана». Регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118020890074-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Далекая Л.Б.* Многолетние периоды развития оболочников в обрастании искусственных субстратов в Севастопольской бухте // Морские технологии. Проблемы и решения. Спец. выпуск. Рибне господарство Україні. 2010. № 7. С. 32–33.

2. *Киселева Г.А., Зыгарь А.А., Колова К.А., Молчанова Ю.А.* Современное состояние макрозообентоса в ассоциациях водорослей Карадагского природного заповедника. Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе Материалы VI Международной научно-практической конференции. Симферополь, 20–22 октября 2011. С. 292–297.
3. *Макаров М.В.* Сезонная динамика Gastropoda на жестких искусственных рифах (молах) в акватории Севастополя (Черное море) // Наук. записки. Сер. Біологія. 2005. 4 (27). С. 46–49.
4. *Маккавеева Е.Б.* Биоценоз *Cystoseira barbata* прибрежного участка Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции. 1959. Т. 12. С. 168–189.
5. *Маккавеева Е.Б.* Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря. Киев: Наукова думка, 1979. 228 с.
6. *Маккавеева Е.Б.* Биоценоз макрофитов Черного моря: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.18. Севастополь, 1987. 35 с.
7. *Чухчин В.Д.* Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕССОВ АНТРОПОГЕННОГО ЛИТОГЕНЕЗА

О.Н. Зуб

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
geokub@bk.ru

Природно-технические системы (ПТС) формируются при возникновении взаимодействия технических объектов и инженерных работ с природными комплексами. ПТС в виде месторождений полезных ископаемых (ПИ) претерпевают ряд геологических, литологических, гидрогеологических и пр. превращений, которые происходят при воздействии добывающих компаний на окружающую среду. Одновременно технологии добычи и работа техники сопряжены с различным типом вредных выбросов, что неблагоприятно сказывается на составе воздуха, почвы, воды в зоне ПТС, происходит уничтожение и угнетение биоты. Проблемой остается недостаточный уровень природоохранных и рекультивационных мероприятий на территориях действующих месторождений и после их выработки [Фомин, Фауль, 2013]. Соответственно, актуальным является решение вопросов восстановления экологических функций ПТС после разработки месторождений ПИ.

Так, на территории Краснодарского края обнаружено более 60 видов ПИ, в частности нефтегазовые месторождения, мрамор, кварц, гравий, цементные мергеля, гипс, песчаник, различные виды руд, каменная соль и т.д., преимущественно в горных и предгорных районах. ПТС, сформированные в процессе добычи углеводородного сырья, включают 11 нефтегазоконденсатных, 63 нефтяных, 24 газонефтяных месторождения, в основном сосредоточенных на стыке степных и горно-лесных зон, освоением которых заняты более 20 нефтегазодобывающих компаний. Около 10 нефтегазовых месторождений выработаны на уровне 75–90 % и значительно обводнены. Месторождения руд и черных металлов с общим запасом 116,8 млн т преимущественно располагаются на территории Таманского полуострова; марганцевые руды – в дельтовых отложениях междуречий рек; ртутные месторождения – по северному и южному склонам Кавказского хребта. Горно-химические ПИ Маркопиджского месторождения апатитов характеризуются высоким содержанием фосфатов и нетипичных мелиорантов (вермикулит, фосфорсодержащие пески, глауконит, цеолит, бентонит); запасы соли каменной на балансе составляют 2848 млн т (Шедокское месторождение, $B+C_1$), известняков для получения соды – 118,37 млн т (Правобережное месторождение, $A+B+C_1$). ПТС формируются также на территории месторождений горно-технического, горнорудного, строительного сырья [О состоянии природопользования … 2019].

Негативные экологические изменения на территории ПТС обусловлены комплексом природных факторов и техногенными воздействиями. Подготовка территории сопровождается вырубкой лесных ресурсов и кустарников, что в присутствии тяжелой техники обусловливает изменения почвы, флоры и фауны. Далее, процессы бурения, добыча посредством карьеров и шахт формируют поля напряженности и вносят изменения в рас-

тительный и животный мир, атмосферу территории ПТС, почву и геологические процессы, поверхностные и подземные воды и пр. В процессе добычи ПИ формирование техногенных ландшафтов происходит за счет процессов антропогенного литогенеза, гидролитогенных, субтерральных, гравитационных процессов (рис. 1) [Грязнов, 2015].

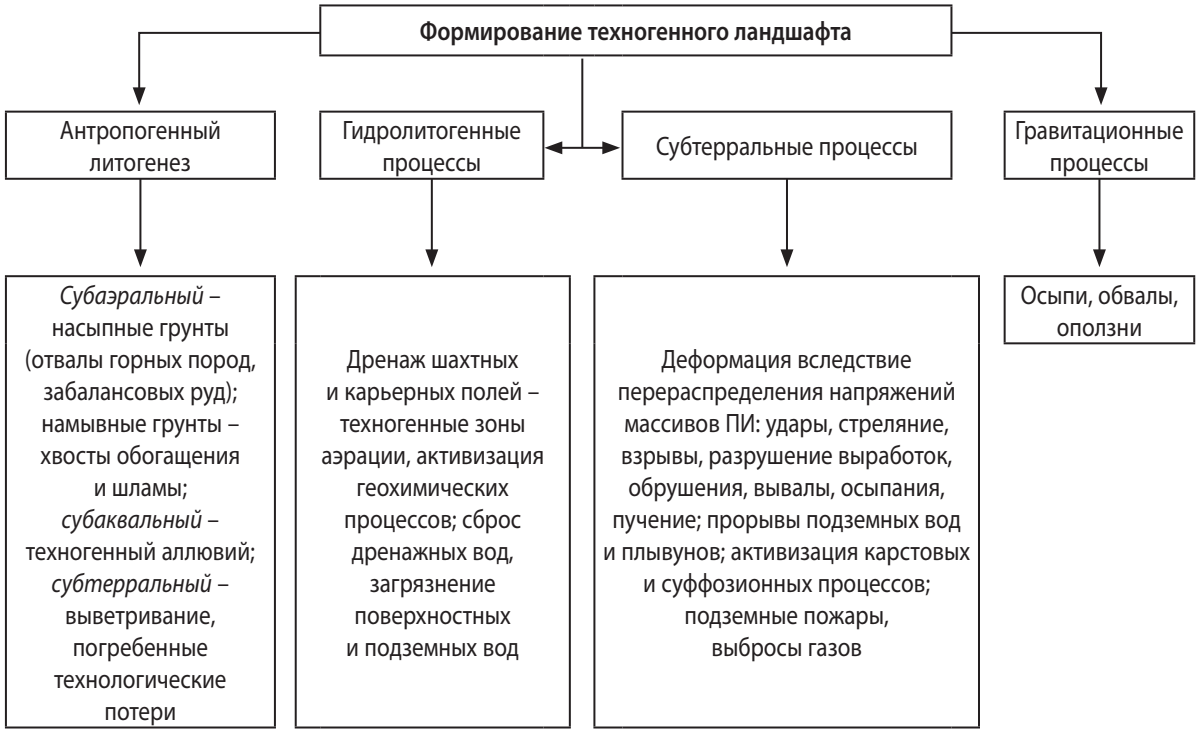


Рис. 1. Процессы формирования техногенных ландшафтов (составлено по данным [Грязнов, 2015])

После прекращения добычи техногенные процессы продолжают оказывать влияние на деградацию ландшафтов. Например, излив вод затопления выработок на поверхность почвы, подтопление, заболачивание, загрязнение вод рудами или нефтепродуктами, снижение прочностных свойств грунтов, выветривание и эрозионные процессы, сдвижения, обрушения, водная эрозия, техногенные землетрясения, образование вторичных поллютантов в процессе химических взаимодействий [Андросова, 2013].

Исследование территорий месторождений Краснодарского края (по данным 2018 г.) показало очень низкую обеспеченность гумусом и подвижным фосфором на участках добычи. Установлено превышение ПДК по марганцу и меди. Превышений по свинцу, кобальту, никелю, радионуклидам и нефтепродуктам не обнаружено. В воздухе от стационарных источников добычи регистрировались превышения ПДК по взвешенным компонентам, производным бензола, предельным углеводородам, углекислому газу, азоту, сероводороду. Сточные воды добывающих предприятий имели в составе сульфаты, хлориды, кальций, магний, нитраты, фосфаты, поверхностно активные, нефтесодержащие, органические компоненты, что ухудшает экологию поверхностных вод. В целом экологическая ситуация на территориях добывающих предприятий без значительных ухудшений, отмечается проблема утилизации и размещения твердых отходов.

Восстановление экологических функций участков вырубки лесов, техногенных пустырей и прогалин производится посредством лесовосстановления естественного,

искусственного и смешанного типа. В целом в 2018 г. восстановлено 487,2 га леса. Техногенные изменения в зоне влияния ПТС Краснодарского края приводят к угнетению лесов, распространению карантинных вредителей и биопатогенов. Потенциально опасные последствия разливов нефти и газовых аварий на участках добычи и хранения контролируются, прогнозируются сейсмические, атмосферные, геологогидрологические изменения. Аварий с утечками в области месторождений в 2018 г. не зарегистрировано. Проводятся регулярные проверки использования и охраны недр. Доля обезвреженных отходов с месторождений ПИ составляет 8 % в общем объеме обезвреженных отходов [О состоянии природопользования … 2019].

Для восстановления экологических функций ПТС после разработки месторождений ПИ необходимо: законодательное закрепление ответственности владельцев лицензий за проведение рекультивации и возвращение выработанных участков в исходное природное состояние; уточнение методик оценки накопленного экологического ущерба для приведения в соответствие штрафов и обязательных платежей реальному ущербу [Величко, Камардонова, 2018]; развитие экологического мониторинга и информационной базы территорий, нарушенных недропользованием. Рекультивация включает комплекс горнотехнических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесотехнических, инженерно-строительных мероприятий и направлена на минимизацию периодов вывода из оборота и введения земель в оборот с итоговой заменой неплодородных почв плодородными и формированием устойчивых ландшафтных структур [Лепехин и др., 2018].

Восстановление экологических функций после разработки месторождений твердых ПИ может осуществляться последовательным заполнением выработанных территорий или карьеров вскрышными породами близлежащих новых участков, с минимизацией взрывных работ и применением бестранспортных технологий разработки; селективной выемкой плодородных почв и их размещением над вскрышными породами; формированием близкого к природному рельефа [Фомин, Фауль, 2013]; самовосстановлением, искусственным или смешанным восстановлением растительного покрова, в том числе с насаждением сидератов и устойчивых к поллютантам растений, деревьев с высокой поглощающей способностью и быстрым ростом. Вариант естественного восстановления экономически целесообразен, но ограничен восстановительными способностями биоты в зоне ПТС и за ее ареалом и размерами области поражения.

Для территорий с нефтесодержащими почвами и грунтами необходима рекультивация, санация земель и утилизация отходов не только физическими и механическими приемами, но и биогеохимическими. Современное восстановление после разработки нефтегазовых месторождений предполагает стимулирование процессов биодеградации углеводородов за счет повышения доступности воздуха вспашкой; внесения органо-минеральных удобрений; посева злаково-бобовых смесей; введения нефтеокисляющих и сапрофитных микроорганизмов и активизацию их метаболической активности для микробиологической утилизации нефтепродуктов [Бузмаков, 2013].

Таким образом, показано, что ПТС в виде месторождений ПИ претерпевают ряд геологических, литологических, гидрогеологических и пр. превращений, при воздействии процессов добычи на окружающую среду. Охарактеризовано разнообразие видов ПИ Краснодарского края, отмечены основные месторождения твердых и нефтегазовых ПИ. Систематизированы особенности формирования техногенных ландшафтов за счет процессов антропогенного литогенеза, гидролитогенных, субтерральных, гравитационных процессов. Представлены проблемы плодородия почв, их загрязнения, наличия поллю-

тантов в водах и воздухе на территориях ПТС. Предложены рекомендации по восстановлению экологических функций после выработки месторождений как твердых ПИ, так и нефтегазовых ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андросова Н.К.* Геохимия техногенеза в районах разработки месторождений полезных ископаемых // Записки горного института. 2013. Т. 203. С. 35–38.
2. *Бузмаков С.А.* Восстановление земель при различных уровнях загрязнения нефтью // Записки горного института. 2013. Т. 203. С. 128–131.
3. *Величко С.В., Камардонова Я.А.* Накопленный экологический ущерб при добыче общераспространенных полезных ископаемых // Инновационная наука. 2018. № 5–2. С. 19–22.
4. *Грязнов О.Н.* Природно-технические системы – универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // Известия Уральского государственного горного университета. 2015. № 4 (40). С. 5–10.
5. *Лепехин П.А., Мазепа А.А., Хуторова А.О., Басова И.А.* Проблемы организации использования и охраны земель недропользования на территории Московской области // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2018. Вып. 2. С. 71–79.
6. О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2018 году: доклад. Краснодар, 2019. 548 с.
7. *Фомин С.И., Фауль А.А.* Способы снижения экологической нагрузки на горнодобывающие регионы // Записки горного института. 2013. Т. 203. С. 215–219.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЦИЛИАТОПЛАНКТОНА ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

К.В. Кренёва

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kreneva@ssc-ras.ru

Мониторинг цилиатопланктона Таганрогского залива показал, что наблюдается устойчивый тренд (2012–2019) понижения уровня качественных и количественных характеристик и перестройка структуры сообщества планктонных инфузорий в зимний период.

Материал для данного исследования собирался с борта дизель-электрохода «Капитан Демидов» в конце февраля – начале марта с 2003 по 2019 гг., а также в ходе береговых наблюдений Таганрогского залива с 2012 по 2019 гг.

Сбор планктонных проб проводили стандартными методами. Часть проб была зафиксирована кислым раствором Утермёля для обработки в стационарных условиях лаборатории института. Их концентрация осуществлялась отстойным методом. Часть образцов исследовалась в живом виде на судне сразу после отбора проб или в лаборатории, в течение суток после отбора. Количественный учет инфузорий проводили по модифицированной методике Н.С. Гаевской [Гаевская, 1949].

В зимний период сообщество микрозоопланктона формируется в основном из видов, относящихся к «мелкой» размерной группе. При отсутствии льда или появлении разводий, повышается доля «крупных» и «средних» размерных группировок инфузорий.

При анализе видового состава выделен комплекс холодолюбивых видов инфузорий Таганрогского залива. Основу комплекса составляют тинтинниды: *Tintinnopsis lobiancoi* Daday, 1887; *Tintinnopsis parvula* Jörgensen, 1912 и *Tintinnopsis cylindrica* Daday, 1887.

В 2003 г. доминирующими видами в районе Таганрогского залива были *Rhabdostyla sp.*, *Tintinnopsis minuta* (Wailes, 1925) или мелкие стромбидиумы. На всей исследованной акватории встречался сравнительно крупный хищник, такой как *Didinium nasutum*, O.F. Muller, 1876.

В 2006 г. доминировал морской вид *Tintinnopsis beroidea* Stein, 1867 и *Strobilidium sp.* Кроме того, в заметных количествах встречался *Euplotes balteatus* Dujardin, 1841.

В 2012–2014 гг. доминировали мелкие и средние представители рода *Strombidium* Claparède & Lachmann, 1859.

На протяжении наших исследований с 2003 по 2014 гг. в зимний период на территории Таганрогского залива регулярно отмечалось 3–4 вида семейства Codonellidae Kent, 1881.

В 2016–2017 гг. доминирующими видами в районе Таганрогского залива были *Halteria grandinella* (Müller, 1773) и мелкие стромбидиумы. Представители семейства Codonellidae полностью отсутствовали.

Большую часть инфузорий, встречающихся в Таганрогском заливе в зимний период, составляют эвригалинные виды, которые встречаются на всей акватории моря.

Рассматривая сезонный аспект, можно сказать, что низкий температурный режим не является решающим фактором для развития инфузорий. Наличие пищи позволяет инфузориям успешно развиваться даже в подлёдных условиях.

Численность инфузорий в феврале 2016 г. колебалась от 0,1 до 1,0 млн экз./м^3, в среднем 0,6 млн экз./м^3. Биомасса в среднем 18,5 мг/м^3.

Численность инфузорий в феврале – марте 2017 г. колебалась от 0,1 до 1,4 млн экз./м^3, в среднем 0,5 млн экз./м^3. Биомасса в среднем 16,2 мг/м^3.

Численность инфузорий в феврале – марте 2019 г. колебалась от 0,1 до 2,9 млн экз./м^3, в среднем 0,8 млн экз./м^3. Биомасса в среднем 17,5 мг/м^3.

Таблица 1

Динамика качественных и количественных характеристик сообщества микрозоопланктона в зимний период 2003–2019 гг.

Январь – февраль		2003 г.	2006 г.	2008 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.	2017 г.	2019 г.
Инфузории	среднее, млн экз./м^3	0,9	4,2	11,9	2,3	1,0	0,6	0,5	0,8
	кол-во видов	19	24	21	16	14	10	7	14

Наблюдаемое понижение выражено сильнее, чем в 2014 г., когда уровень развития качественных и количественных характеристик микрозоопланктона был в 2–12 раз ниже, чем в предыдущие годы (табл. 1).

Сравнивая полученные данные с предыдущими исследованиями [Кренёва, 2004, 2006; Шляхова, 2000; Матишови др., 2006], можно сказать, что в 2016–2019 гг. уровень развития количественных и качественных характеристик ниже, чем по предыдущим годам наблюдения. Сравнимые по уровню значения по нашим данным наблюдались только в 2003 г. после аномально-холодной зимы. Причем и биоразнообразие, и численность инфузорий в 2003 г. были немного выше.

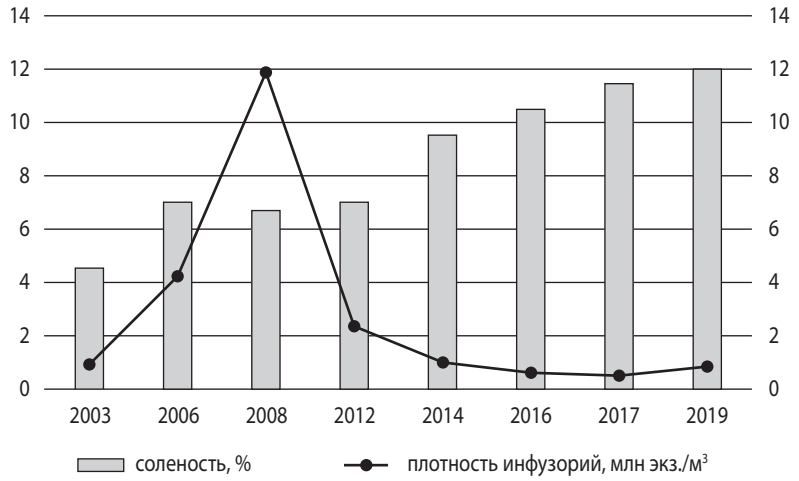


Рис. 1. Динамика изменений солености и плотности инфузорий с 2003 по 2019 г.

Снижение видового богатства и численности микрозоопланктона произошло за счет пресноводных (например, представителей p. Strobilidium Schewiakoff, 1892) и морских видов (сем. Codonellidae), что согласуется с законом минимума видов Ремане в зоне критической солёности. В сочетании с выраженной тенденцией к повышению минерализации вод Азовского моря и Таганрогского залива (рис. 1) это позволяет говорить о значении фактора солености в наблюдаемом уменьшении плотности микрозоопланктона.

Также значение данного фактора подтверждают литературные данные. К сожалению, до 1995 г. данные по микрозоопланктону Азовского моря имеют фрагментарный характер.

Однако есть данные о биомассе и количестве обнаруженных на акватории видов инфузорий с 1937 по 1949 гг. в работе [Пицик, 1951]. Этот период, так же как современный, характеризуется выраженным трендом к повышению солености. Минерализация Азовского моря возросла с 9 ‰ в 1934 г. до 12 ‰ в 1952 г. [Матишов и др., 2003]. Также этот период характеризуется самыми низкими, по имеющимся данным, количественными характеристиками сообщества цилиатопланктона. Средняя биомасса инфузорий в период 1937–1949 гг. была равна 16,5 мг/м^3. Количество видов, обнаруживаемых на акватории моря, соответствует уровню 2014 и 2019 гг. – 14 видов.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что повышение минерализации вод Азовского моря вызывает устойчивый тренд понижения уровня качественных и количественных характеристик микрозоопланктонного сообщества Таганрогского залива. Наблюдаются изменения в доминирующем комплексе видов цилиатоценоза. Снижение видового богатства микрозоопланктона происходит в основном за счет пресноводных и солоноватоводных видов. Кроме того, данный процесс, вероятно, связан с отрицательным воздействием солености на первичную продукцию органического вещества [Матишов, 2007] и является частью цикла долгопериодных колебаний солености Азовского моря.

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5 и при поддержке проекта РГО-РФФИ №17-05-41145а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаевская Н.С.* Простейшие (Protozoa) // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: АН СССР. 1949. Т. 2. С. 229–310.
2. *Кренёва К.В.* Характеристика сообщества микрозоопланктона Азовского моря в зимний период // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. Том VI. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 136–141.
3. *Кренёва К.В.* Экология массовых видов планктонных инфузорий Азовского моря: автореф. дис. … канд. биол. н. Мурманск, 2006. 24 с.
4. *Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В.* Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. Т. 5. 441 с.
5. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В., Лебедева Н.В., Инжебейкин Ю.И., Поважный В.В., Кренева К.В., Ковалёва Г.В., Сойер В.Г., Савицкий Р.М., Калинкин Б.Д., Липкович А.Д.* Комплексные экосистемные исследования Азовского моря в зимний период (2003–2006 гг.). Ледокольные экспедиции и береговые наблюдения. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 100 с.
6. *Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Поважный В.В., Ковалёва Г.В., Кренёва К.В.* Функционирование экосистемы Азовского моря в зимний период (по результатам ледокольных экспедиций 2003–2006 гг.) // ДАН. 2007. Т. 413. № 1. С. 112–115.
7. *Пицык Г.К., Новожилова А.Н.* О динамике зоопланктона Азовского моря // Тр. АзЧЕРНИРО. 1951. Вып. 15. С. 281–297.
8. *Шляхова Н.А.* Исследование планктонных инфузорий как компонента экосистемы Азовского моря: автореф. дис. … канд. биол. наук. Краснодар, 2000. С. 23.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЗЕРКАЛА ПРУДА БОЛЬШОЙ ЛИМАН ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Куричева, О.С. Сергеева, Н.С. Миненко, А.В. Бобкова

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
marus16.07.99@gmail.com

Пресные воды являются важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом. Они используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории, обеспечивают экономическое, социальное, экологическое благосостояние населения, существование животного и растительного мира [1]. По существу, все антропогенные воздействия так или иначе выходят на гидросферу через атмосферные осадки, почвенный сток, миграцию подземных вод и другие процессы, связанные с круговоротом воды.

В зависимости от масштабов производственной деятельности, уровня технологической и экологической культуры разных стран и многих других обстоятельств различные акватории нашей планеты характеризуются разным уровнем деградации водной среды и ее живой составляющей, обусловленной антропогенными воздействиями. Значительная часть пресноводных экосистем под влиянием этих воздействий функционирует в режиме высоких нагрузок химических, радиоактивных и иных поллютантов, теплового перегрева, избыточного насыщения биогенными веществами и т.п. В условиях Российской Федерации такие ситуации являются обычным явлением, поэтому их можно рассматривать как прогностические (предупреждающие) модели тех экстремальных условий, которые могут сложиться в водных экосистемах любых регионов, где развиваются производительные силы, без учета возможных экологических последствий для окружающей среды.

В статье приведены результаты исследования изменения площади зеркала пруда Большой Лиман, расположенного неподалеку от Волгограда между городами Ленинск и Волжский Волгоградской области. По своей сути Большой Лиман был образован как пруд-испаритель для сточных выбросов соседствующих промышленных предприятий, вследствие чего стал непригоден для купания и рыболовства из-за высоких концентраций анилина, метанола, капролактама, формальдегида и других вредных веществ [4].

Климат территории засушливый, с резко выраженной континентальностью. Среднегодовая амплитуда температур здесь колеблется в пределах 30–32 °С, а абсолютных максимальных и минимальных температур 70–80 °С. Осадков выпадает мало, и распределены они неравномерно как по сезонам, так и по годам. Велика испаряемость, в летнее время она превышает количество выпадающих осадков, поэтому летний сезон характеризуется засушливостью [4].

Для анализа динамики изменения площади зеркала пруда были выбраны 2014 и 2019 гг., середина июня – начало июля.

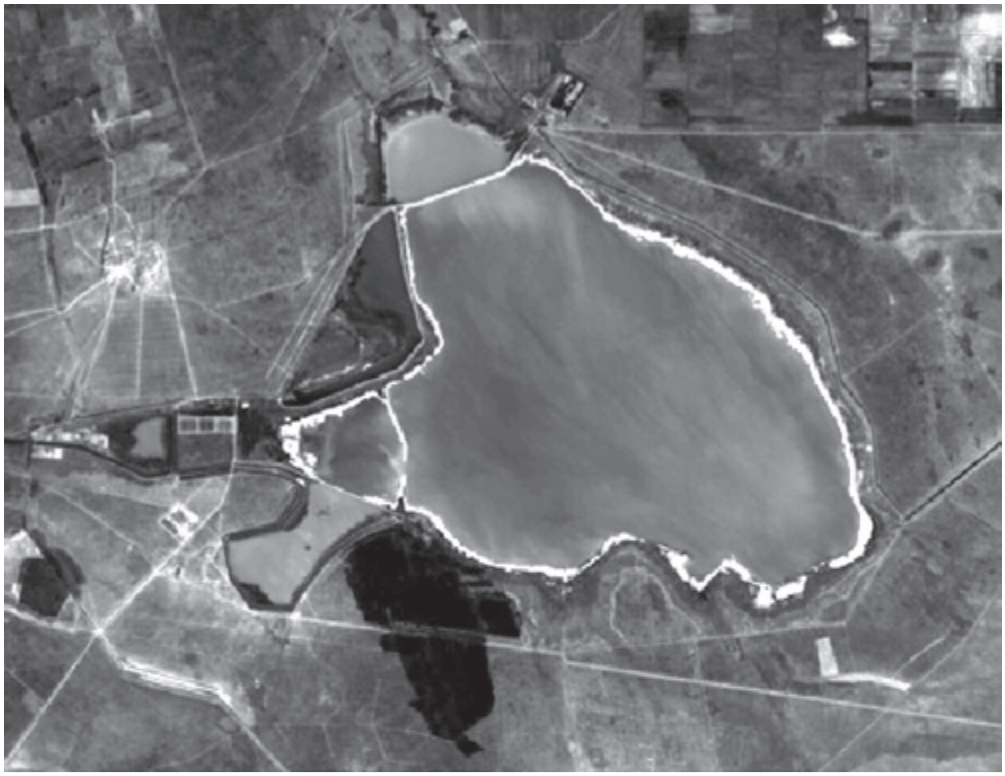


Рис. 1. Спутниковый снимок пруда Большой Лиман, 02.07.2014 [3]

Рис. 2. Спутниковый снимок пруда Большой Лиман, 14.06.2019 [3]

Данные снимки были обработаны в программе Erdas Imagine, а полученные данные площади водных объектов снимка пересчитаны.

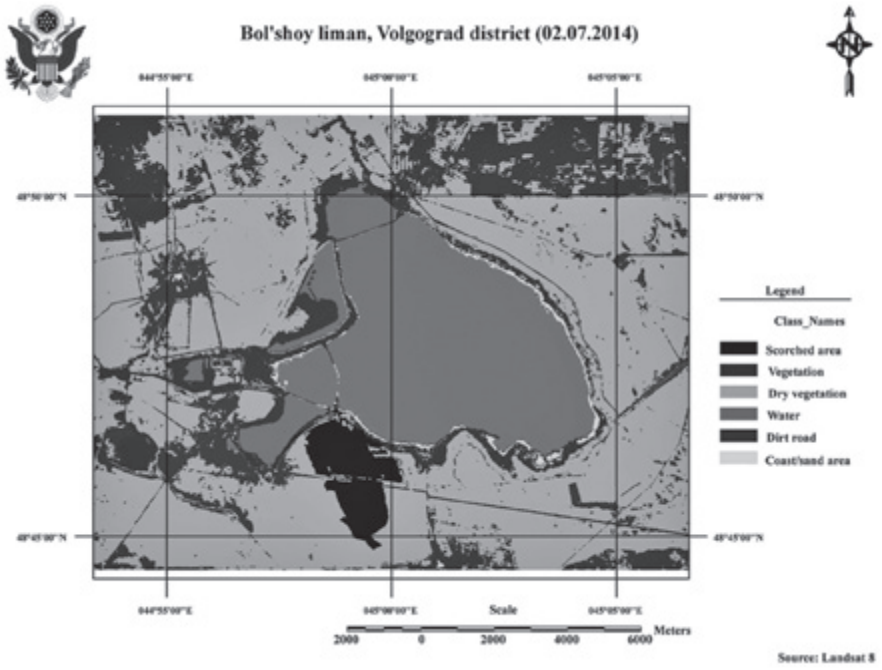


Рис. 3. Итоговый отчет снимка территории Большого Лимана от 02.07.2014 (составлено авторами в программе Erdas Imagine)

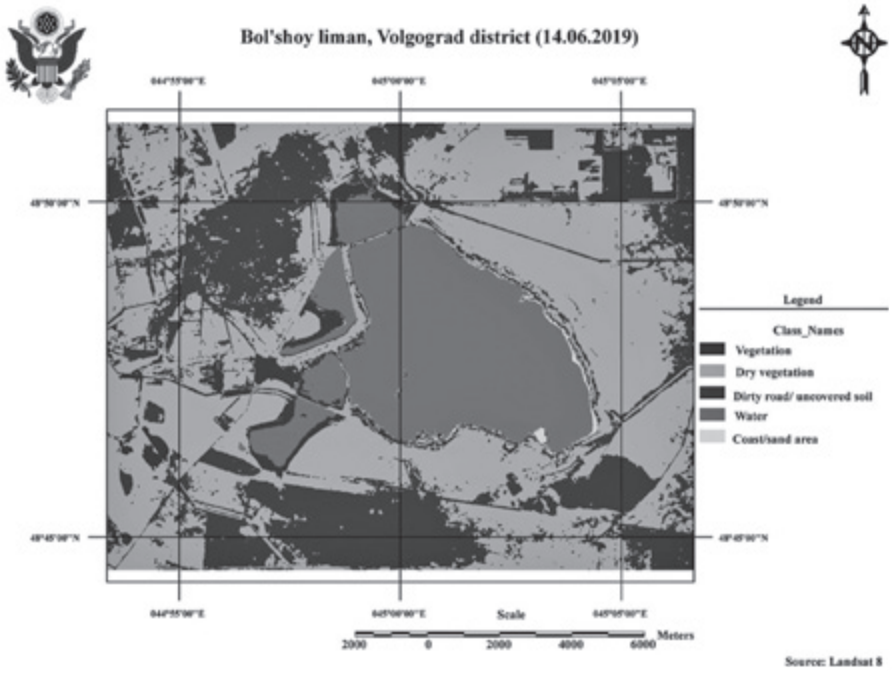


Рис. 4. Итоговый отчет снимка территории Большого Лимана от 14.06.2019 (составлено авторами в программе Erdas Imagine)

В итоге территория водных объектов на снимках составила:
S_{2014} = 174619*15*15/1000000 = 39,3 км^2;
S_{2019} = 156920*15*15/1000000 = 35,3 км^2.

Соответственно территория водных объектов сократилась на 4 км^2, что составляет 10,17 %. При этом средняя температура дня в мае-июне 2014 г. составляла 25,36 °С, а в аналогичном периоде 2019 года – 26,72 °С, что на 1,36 °С больше [2]. При этом в 2019 г. были зафиксированы резкие колебания температур на 10–15 градусов, что также могло способствовать высокому испарению из-за большего количества дней с аномально высокими температурами. Дождливых дней в 2014 г. было 5, и в 2019 также 5. Данные воды сильно загрязнены и не используются человеком для полива или водоснабжения. Все это говорит нам о значительном влиянии средних температур воздуха в летний период на площадь водных объектов территории Волгоградской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации. М.: Изд-во «Ось-89», 2001. 80 с.
2. Дневник погоды Волгограда. URL: https://www.gismeteo.ru/diary/5089/ (дата обращения: 03.05.2020).
3. Космические снимки Геологической службы США. URL: https://glovis.usgs.gov/app (дата обращения: 30.04.2020).
4. Описание пруда Большой Лиман. URL: https://ozera.info/russia/ufo/volgograd/bolshoj-liman-4 (дата обращения: 03.05.2020).

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ПРИДОННОМ СЛОЕ ВОД ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н.А. Орехова, С.К. Коновалов

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
natalia.orekhova@mhi-ras.ru

Прибрежные экосистемы играют превалирующую роль в социально-экономической сфере. В прибрежной 50-километровой зоне морских экосистем проживает около 30 %, а в 100-километровой прибрежной полосе – более половины населения планеты. Прибрежные экосистемы отличаются высокой биопродуктивностью и биоразнообразием: здесь формируется более 30 % биологической продукции океана, на их долю приходится около 90 % мировой добычи морепродуктов и 100 % производства марикультуры. Прибрежные экосистемы являются также наиболее привлекательными рекреационными зонами. При этом для них характерна высокая скорость изменений характеристик среды, в первую очередь в результате антропогенного воздействия. Увеличение антропогенной нагрузки и, как результат, увеличение поступления органического вещества и биогенных элементов, превышающее ассимиляционную емкость, приводит к деградации прибрежных морских экосистем. Оседая на дне, органическое вещество способствует расходованию кислорода на его окисление и развитию анаэробных условий в толще отложений и в придонном слое вод. Таким образом формируются зоны дефицита кислорода, что приводит к возникновению зон экологического риска.

В работе изучены основные биогеохимические процессы, влияющие существенным образом на структуру донных отложений в прибрежных районах Крымского побережья с различным уровнем антропогенной нагрузки и условиями формирования донных отложений по данным, полученным в июле 2019 г. Выполнен прогноз развития дефицита кислорода и развития анаэробных условий в придонном слое вод.

В соответствии с термодинамическими характеристиками основными окислителями органического вещества являются кислород, после его исчерпания – нитраты/нитриты, затем оксиды-гидроксиды марганца и железа, далее – сульфаты. После исчерпания окислителей процесс диагенеза органического вещества в водной среде завершается диспропорционированием с образованием метана и углекислого газа. Продукты сульфатредукции, формы восстановленной серы, приводят к образованию сульфидов железа.

На рисунке 1 показаны станции отбора проб колонок донных отложений. Черными точками обозначены районы, где структура донных отложений способствует проникновению кислорода в толщу отложений, а его концентрация в верхнем слое донных отложений соответствует концентрации кислорода в придонном слое вод.

По пространственному расположению точек отбора проб исследуемый регион можно разделить на западный район Крымского побережья (ст. 156–160); Севастопольский регион (ст. 23–25); район Южного берега Крыма (ст. 40–67); Феодосийский залив (ст. 71, 73); прикерченский район и район Керченского пролива (ст. 89, 104, 105); прибрежный район Азовского моря (ст. 115).

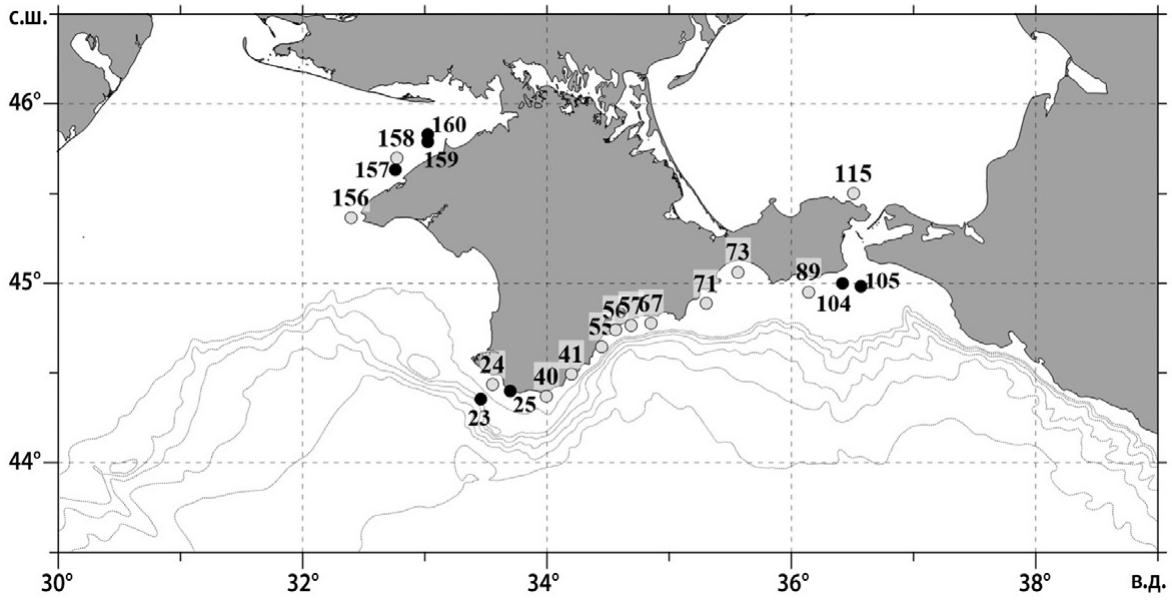


Рис. 1. Схема станций отбора проб

В западном районе исследований выделяется Каркинитский залив (рис. 1) как район, находящийся под значительным антропогенным прессингом. В его акваторию поступают сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных на берегах залива, что существенно влияет на его экологическое состояние [Иванов и др., 2018]. Здесь отмечено недонасыщение придонного слоя вод кислородом: его содержание изменяется 62–85 % нас., что нехарактерно для наблюдаемого диапазона глубин (не более 26 м). Невысокое содержание кислорода в придонном слое вод и высокое содержание органического углерода (около 4 % [Иванов и др., 2018]) приводят к активному потреблению кислорода и его отсутствию на поверхности осадка, что соответствует состоянию аноксии. Характеристики донных отложений (химический состав поровых вод) определяются процессами с участием железа в слое 0–20 мм, ниже – сульфатредукцией и процессами, сопровождающимися образованием моносульфида железа. Усилению дефицита кислорода и развитию анаэробных условий способствуют ограниченная динамика вод в заливе и особенность гидрологической структуры. Пониженные значения солености в поверхностном слое вод в данном районе (σ_t = 16,2–17,5 кг/м^3) указывают на источник пресных вод, поступление которых приводит к усилению вертикальной стратификации вод, что ограничивает вертикальный обмен и поступление кислорода в придонный слой; также пресные воды могут являться источником свежего органического вещества, что способствует активному потреблению кислорода на его окисление и развитию дефицита кислорода и анаэробных условий в донных отложениях.

В Севастопольском регионе (рис. 1) содержание кислорода в придонном слое вод достигало 90 % нас. Однако на поверхности отложений кислород отсутствовал, основным компонентом поровых вод являлось окисленное железо. В толще отложений наблюдались субкислородные условия.

В южной части Крымского полуострова интенсивная динамика вод способствует насыщению придонного слоя вод кислородом (около 100 % нас.) и поддержанию аэробных условий в верхнем слое (0–20 мм) донных отложений, основные процессы окисле-

ния органического вещества протекают с участием кислорода. В нижних слоях основные биогеохимические процессы протекают с участием железа, сероводорода и продуктов их взаимодействия. При этом в донных отложениях отмечено наличие промежуточного слоя, толщина которого изменялась от станции к станции, в котором основные биогеохимические процессы протекали, вероятнее всего, с участием окисленных форм азота. Исключение составляют станции, расположенные в районе Ялты (ст. 41, наиболее близко расположенная к берегу станция) и пос. Рыбачье (ст. 57). На ст. 41 анаэробные условия смещены ближе к поверхности осадка, однако высокое содержание железа (до 4,5 мМ) способствует связыванию свободного сероводорода и ограничивает его поступление в верхний слой отложений. В донных отложениях ст. 57 отмечено развитие гипоксии уже в поверхностном слое отложений, а присутствие восстановленной серы в верхнем 10-мм слое в этом районе может указывать на источник свежего органического вещества.

В целом, в донных отложениях района Южного берега Крыма наблюдается «классическая» последовательность биогеохимических процессов (за исключением отсутствия процессов с участием марганца, что характерно для этих глубин черноморского региона).

В районе открытой части Феодосийского залива (рис. 1) основные характеристики поровых вод определялись процессами с участием железа в верхнем слое (до 10–15 мм) и восстановленных форм железа, серы и продуктов их взаимодействия в нижних слоях. Однако, несмотря на насыщение придонного слоя вод кислородом, в донных отложениях Феодосийского залива развивается дефицит кислорода уже на поверхности осадка, а основными компонентами поровых вод являются восстановленные формы железа и серы. Это указывает на значительный антропогенный вклад при формировании донных отложений и развитии окислительно-восстановительных условий в них.

В прикерченском районе и районе Керченского пролива характеристики придонного слоя вод и верхнего слоя донных отложений формируются в аэробных условиях (в верхней части отложений). Система течений и интенсивное судоходство (вероятно, углубление канала для прохода судов) привели к тому, что в районе Керченского пролива осадочные отложения отсутствуют, либо их структура такова, что обеспечивается насыщение отложений кислородом.

В придонном слое вод прибрежной части Азовского моря насыщение кислородом изменялось в пределах 90–100 % нас. Однако мелкодисперсный характер осадков ограничивал поток кислорода в них, а высокое содержание органического вещества способствовало его исчерпанию. Основные процессы (в слое 0–100 мм) протекают с участием восстановленных форм железа и марганца. Образование сероводорода и других восстановленных форм серы не является преобладающим процессом.

В районах, где были зафиксированы аэробные условия (ст. 40, 41, 55, 56, 67, 71, 89), рассчитаны величины потоков кислорода на границе раздела фаз, используя уравнение для первого закона Фика с учетом градиента концентраций и молекулярной диффузии растворенного кислорода в поровых водах [Orekhova, Konovalov, 2018]. Величина потока кислорода изменялась от 0,06 до 0,68 моль $\cdot$ м$^{-2}$ $\cdot$ год$^{-1}$ (рис. 2). Наименее интенсивный поток кислорода (0,06 моль $\cdot$ м$^{-2}$ $\cdot$ год$^{-1}$) отмечен для района г. Ялта (ст. 41), наиболее активно кислород расходовался в районе пос. Рыбачье и в районе Карадага.

По величине потока кислорода и его концентрации в придонном слое вод (1–5 м над поверхностью осадка) было рассчитано время полного исчерпания кислорода или его обновления с учетом только биогеохимических процессов. Установлено, что, несмотря на наименьшую скорость потребления кислорода в районе Ялты (ст. 41) время его полного

исчерпания составляет ~1,5 года. Наименьшее время исчерпания кислорода (5–7 месяцев) отмечено для Восточного Крыма. Необходимо отметить, что это время полного исчерпания кислорода, однако состояние гипоксии наступает при концентрации кислорода менее 63 мкМ ,что соответствует ~30 % нас.

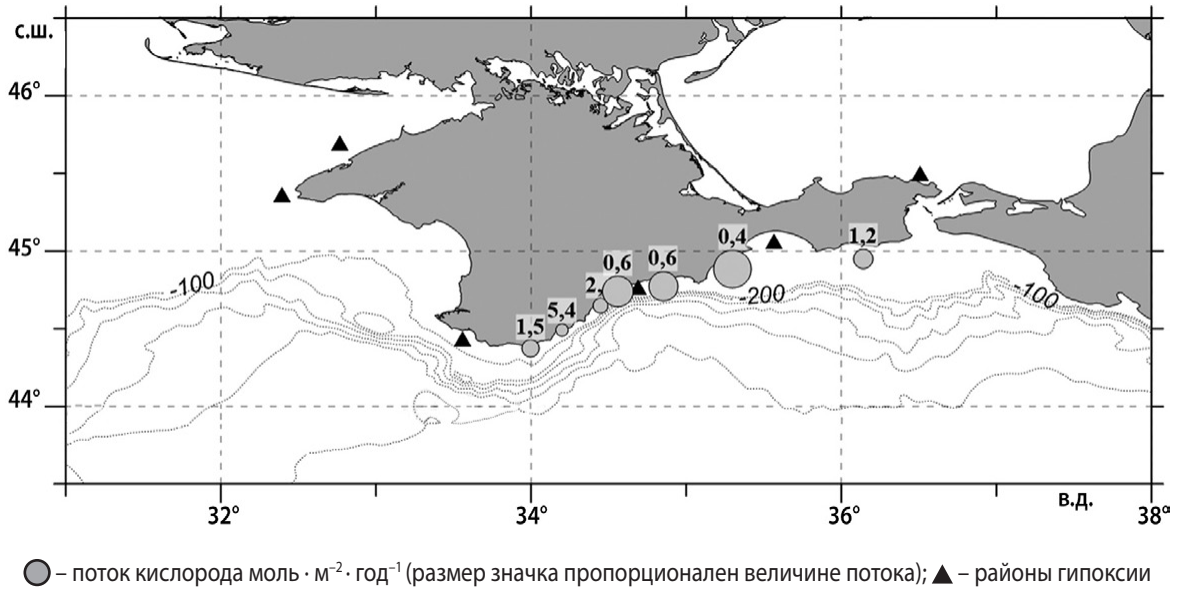


Рис. 2. Потоки кислорода и зоны гипоксии в донных отложениях Крымского побережья. Цифры соответствуют времени полного исчерпания кислорода (год)

Таким образом, установлено, что на поверхностности донных отложений западной части Крымского побережья, Феодосийского залива и прибрежной части Крыма в Азовском море уже сейчас наблюдается дефицит кислорода и состояние от гипоксии до аноксии. В придонном слое вод исследуемых районов время полного исчерпания кислорода составляет от 5 месяцев до 5 лет. При этом отмечено, что в районах с дефицитом кислорода преобладающим фактором, обусловливающим формирование характеристик донных отложений и условий существований бентосных организмов, является антропогенный фактор, характеризуемый избыточным поступлением органического вещества в прибрежные воды и донные отложения. Активная эксплуатация этих прибрежных районов привела к тому, что в толще их отложений основные процессы определяются реакциями с участием восстановленных соединений, преимущественно железа и серы.

В районах, в которых в поверхностном слое донных отложений наблюдаются аэробные условия, превалирующими факторами являются динамика вод и гранулометрический состав отложений (преобладание песчаной фракции [Овсяный, Гуров, 2016]), способствующие насыщению кислородом придонного слоя вод. Однако при ограничении водообмена или увеличении поступления органического вещества здесь также могут появиться зоны дефицита кислорода.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН МГИ № 0827-2019-0004 и проекта РФФИ № 18-05-80028 «Исследование и оценка роли гидрофизических и биогеохимических процессов в формировании зон дефицита кислорода и сероводородного заражения прибрежных районов Крымского полуострова и Керченского пролива».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.А., Совга Е.Е., Хмара Т.В., Зима В.В.* Термохалинный режим акватории Каркинитского залива и экологические последствия природопользования // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 3. С. 22–33.
2. *Овсяный Е.И., Гуров К.И.* Исследование органического углерода и карбонатности в донных осадках шельфа южного побережья Крыма // Морской гидрофизический журнал. 2016. № 1. С. 62–72.
3. *Orekhova N.A., Konovalov S.K.* Oxygen and Sulfides in Bottom Sediments of the Coastal Sevastopol Region of Crimea // Journal Oceanology. 2018. 58(5). P. 679–688. DOI 10.1134/S0001437018050107

НАСЕЛЕНИЕ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ПАУКОВ (ARANEI) БИОТОПОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В НПП «МЕОТИДА»

Е.В. Прокопенко

Донецкий национальный университет, г. Донецк, ДНР
helen_procop@mail.ru

Национальный природный парк «Меотида» включает двухкилометровую прибрежную полосу Азовского моря в пределах Новоазовского и Мангушского районов Донецкой области. Настоящее исследование проведено в памятнике природы местного значения «Кривая коса» (пгт. Седово, 47°04′N 38°09′E). Имеется аннотированный список видов пауков данной территории [Прокопенко, Савченко, 2016], однако анализ видового богатства и структуры населения пауков исследованных биотопов ранее не проводился.

Материал был собран с помощью ловушек Барбера в 2016 г. Ловушко-линии выставлялись трижды за сезон – 24.04–9.05, 25–30.06 и 10–16.09 в следующих биотопах: морской пляж (1), насаждения сосны на берегу моря (2), ракушечная степь (3), насаждения сосны у основания Кривой косы (4), солончак (5), засоленный луг (6), лесополоса (7), заболоченный луг (8), глинистый остепненный склон – у основания (9), на середине (10) и на плоской вершине (11) (табл. 1). На участке заболоченного луга почвенные ловушки выставлялись только в апреле-мае, поэтому в дальнейший анализ структуры населения пауков этот биотоп не включен. Всего было собрано 2410 экземпляров пауков.

В общей сложности за полевой сезон было собрано и определено 99 видов пауков, относящихся к 17 семействам, что составило почти 68 % видового списка пауков, отмеченных на Кривой косе (в ходе нерегулярных исследований с 1994 по 2019 г. отмечено 146 видов). Наибольшим количеством видов характеризуются семейства Gnaphosidae (24 вида), Linyphiidae (21 вида), Lycosidae (15 видов) и Salticidae (10 видов).

Видовое богатство и динамическая плотность пауков исследованных биотопов значительно варьируют, отражая особенности микроклиматических условий, характера субстрата и структуры растительности местообитаний. На берегу моря в почвенные ловушки удалось собрать только два вида пауков-скакунчиков, а динамическая плотность участка – одна из самых низких среди исследованных биотопов. На участках естественной солончаковой, луговой и степной ракушняковой растительности отмечено высокое видовое богатство и динамическая плотность пауков. Так, на засоленном лугу собран 41 вид, а средняя за сезон динамическая плотность достигала 89,4 экз. на 100 ловушко-суток.

Искусственные сосновые насаждения, заложенные в 70–80 гг. прошлого века на участках ракушечных степей (биотоп № 4) и литорального вала (№ 2) привели к сокращению аборигенных растительных группировок в первом случае в 20 раз, во втором – больше чем в 2 раза [Тищенко, 2006]. Причем сосновые насаждения на литоральном вале в настоящее время находятся в угнетенном состоянии, включая значительную часть погибших и усыхающих деревьев. В сравнении с естественными ракушняковыми

степями аранеокомплексы сосновых посадок демонстрируют снижение видового богатства пауков – от 30 до 20 видов, тогда как динамическая плотность снижается незначительно – с 29,4 до 27,1 экз. на 100 ловушко-суток. Лесополоса с преобладанием тополей и кленов, расположенная на месте засоленного луга, демонстрирует сходную тенденцию снижения видового богатства и динамической плотности пауков в сравнении с исходным биотопом: количество видов снижается вдвое, динамическая плотность – почти в три раза. В искусственных древесных насаждениях отмечены виды, не характерные для приморских местообитаний, например, *Titanoeca schineri*, *Pardosa lugubris*, *Alopecosa pulverulenta*, *Tenuiphantes flavipes* и др.

Глинистый склон со степной растительностью был сформирован в ходе создания котлована для небольшого водохранилища. Участки у подножия, на склоне и на вершине склона характеризуются очень низкими показателями видового богатства и динамической плотности пауков – от 8 до 11 видов, от 8,2 до 16,2 экз. на 100 ловушко-суток.

Таблица 1

Видовой состав и динамическая плотность пауков исследованных биотопов

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cheiracanthium virescens (Sund., 1833)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Devade tenella (Tysch., 1965)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lathys stigmatisata (Menge, 1869)	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dysdera crocata C.L.K., 1838	0,0	0,8	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Harpactea azowensis Charit., 1956	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,0
Harpactea rubicunda (C.L.K., 1838)	0,0	0,2	0,0	3,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Berlandina cinerea (Menge, 1872)	0,0	0,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9
Civizelotes caucasius (L.K., 1866)	0,0	4,9	3,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
C. gracilis (Canestr., 1868)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Drassodes lapidosus (Walck., 1802)	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Drassodes pubescens (Thor., 1856)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Drassyllus praeficus (L.K., 1866)	0,0	0,7	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Drassyllus pusillus (C.L.K., 1833)	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0
Gnaphosa cumensis Ponom., 1981	0,0	0,0	0,5	0,0	0,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G. saurica Ovtsh., Platn. & Song, 1992	0,0	0,0	2,5	0,0	8,6	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G. leporina (L.K., 1866)	0,0	2,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
G. lucifuga (Walck., 1802)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,9
Haplodrassus bohemicus Mill. & Buch., 1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
H. kulczynskii Lohm., 1942	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H. minor (O. P.-C., 1879)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
H. signifer (C.L.K., 1839)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Micaria dives (Luc., 1846)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
M. pulicaria (Sund., 1831)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	10,7	0,0	0,6	0,0
Trachyzelotes adriaticus (Capor., 1951)	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. cumensis (Ponom., 1979)	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0
T. malkini Platn. & Murph., 1984	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0

Продолжение табл. 1

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zelotes electus (C.L.K., 1839)	0,0	0,6	0,0	1,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Z. fuscus (Thor., 1875)	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Z. longipes (L.K., 1866)	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	1,0	1,0	0,0
Z. mundus (Kulcz., 1897)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hahnia nava (Blackw., 1841)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acartauchenius scurrilis (O. P.-C., 1873)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Agyneta rurestris (C.L.K., 1836)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,7
Agyneta saaristoi Tanas., 2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Araeoncus humilis (Blackw., 1841)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Bathyphantes gracilis (Blackw., 1841)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Centromerus capucinus (Sim., 1884)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Erigonoplus spinifemuralis Dimitrov, 2003	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mecynargus minutipalpis Gnelitsa, 2011	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Microlinyphia pusilla (Sund., 1830)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oedothorax apicatus (Blackw., 1850)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,2	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Ostearius melanopygius (O. P.-C., 1879)	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silometopus reussi (Thor., 1871)	0,0	1,9	5,0	0,1	17,0	14,3	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
Sintula retroversus (O. P.-C., 1875)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Tenuiphantes flavipes (Blackw., 1854)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. tenuis (Blackw., 1852)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Theonina kratochvili Miller & Weiss, 1979	0,0	0,0	0,2	2,6	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Trichoncoides piscator (Sim., 1884)	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trichopterna cito (O. P.-C., 1873)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Walckenaeria nodosa O. P.-C., 1873	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
W. vigilax (Blackw., 1853)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W. wunderlichi Tanas., 1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Agroeca cuprea Menge, 1873	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	5,3	2,4	0,0	0,0	0,0
Liocranoeca spasskyi Ponom., 2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	67,9	0,0	0,0	0,0
Alopecosa cursor (Hahn, 1831)	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,7	4,4	2,4
A. farinosa (Herm., 1879)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	1,2	0,0	0,2	0,4
A. pulverulenta (Cl., 1757)	0,0	0,1	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arctosa leopardus (Sund., 1833)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,3	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Mustelicosa dimidiata (Thor., 1875)	0,0	0,9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pardosa agrestis (Westr., 1861)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. luctinosa Sim., 1876	0,0	0,0	0,4	0,0	5,9	15,6	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0
P. lugubris (Walck., 1802)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
P. prativaga (L.K., 1870)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pirata piraticus (Cl.,1757)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trochosa robusta (Sim., 1876)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
T. ruricola (De Geer, 1778)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,5	40,5	0,0	0,0	0,0
T. terricola Thor., 1856	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Xerolycosa miniata (C.L.K., 1834)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Окончание табл. 1

Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ero aphana (Walck., 1802)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zora pardalis Sim., 1878	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rhysodromus fallax (Sund., 1833)	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rh. histrio (Latr., 1819)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Thanatus arenarius L.K., 1872	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Th. mongolicus (Schenk., 1936)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Th. vulgaris Sim., 1870	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tibellus oblongus (Walck., 1802)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Phrurolithus festivus (C.L.K., 1835)	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aelurillus v-insignitus (Cl., 1757)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Asianellus festivus (C.L.K., 1834)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Attulus distinguendus (Sim., 1868)	1,3	0,0	0,0	0,0	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calositticus zimmermanni (Sim., 1877)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Marpissa nivoyi (Luc., 1846)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Pellenes allegrii Capor., 1935	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. brevis (Sim., 1868)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudomogrus vittatus (Thor., 1875)	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sittisax dzieduszyckii (L.K., 1870)	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Talavera aequipes (O. P.-C., 1871)	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pachygnatha clerckoides Wund., 1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Euryopis quinqueguttata Thor., 1875	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Robertus lividus (Blackw., 1836)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Steatoda albomaculata (De Geer, 1778)	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Ozyptila scabricula (Westr., 1851)	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,2
Oz. trux (Blackw., 1846)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Xysticus acerbus Thor., 1872	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
X. cristatus (Cl., 1757)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
X. kochi Thor., 1872	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Titanoeca schineri L.K., 1872	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. veteranica Herm., 1879	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Динамическая плотность, экз. на 100 ловушко-суток	12,9	30,6	29,4	27,1	50,7	89,4	32,0	196,4	8,2	13,6	16,2
Количество видов	2	24	30	20	23	41	20	19	8	12	11

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прокопенко Е.В., Савченко Е.Ю.* Аннотированный список пауков (Aranei) БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 41–70.
2. *Тищенко О.В.* Рослинність приморських кіс північного узбережжя Азовського моря. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 156 с.

ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПТИЦЫ АЗОВСКОГО МОРЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Р.М. Савицкий, С.С. Савицкая

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
ramiz_sav@mail.ru

В последнее время стало активно развиваться новое направление в области использования альтернативных источников электроэнергии – строительство ветроэлектростанций (ВЭС). Для размещения данных объектов выбор направлен на территории с сильными и длительными ветрами. Под эти критерии попадают в первую очередь прибрежные территории, где разность температур над сушей и водой обеспечивает постоянные ветра. По типу размещения ВЭС относят к прибрежным, наземным и оффшорным.

Неблагоприятное воздействие ветроэнергетики выражается в отчуждении земель, так как ветровые генераторы не могут находиться близко друг к другу, потому что вследствие интерференции их мощность будет пониженной [Говорушко, 1999]. ВЭС оказывают воздействие на животный и растительный мир, обладаю шумовым и визуальным воздействием на окружающую среду, создают электро-, радио- и телевизионные помехи.

На территории Ростовской области на побережье Азовского моря планируется строительство Азовской ВЭС (ПАО «Энел Россия») с установленной мощностью 90 МВт [Обзор … 2019]. Расположение ВЭС вблизи ключевой орнитологической территории (КОТР) «Дельта Дона» [Ключевые … 2009], а также примыкание к особо охраняемым природным территориям Ростовской области [Федяева и др., 2018] может представлять угрозу для многих видов редких и охраняемых видов птиц [Матишов, Савицкий, 2012; Савицкий, 2013].

Через дельту р. Дон проходят пролетные пути многих видов водно-болотных птиц, гнездящихся в Европейской части России и Западной Сибири и мигрирующих на зимовки в Черноморский бассейн, на юг Западной Европы, в Средиземноморье, Малую Азию и Африку. КОТР в настоящее время имеет международное значение для более 40 видов птиц и как место массовой концентрации водно-болотных птиц на гнездовании и во время пролета. Здесь гнездится ходулочник; на пролете встречаются розовый и кудрявый пеликаны, малый баклан, колпица, каравайка, черный аист, скопа, степной лунь, европейский тювик, курганник, орел-карлик, степной орел, малый подорлик, сапсан, степная пустельга, каспийский зуек, большой кроншнеп. К массовым гнездящимся видам относятся серый гусь, лебедь-шипун, кряква, чирок-трескунок, болотный лунь, фазан; к массовым пролетным и летующим – малая поганка, пеганка, серая утка, морской зуек, черноголовая чайка, озерная чайка, белокрылая и речная крачки, золотистая щурка [Лебедева и др., 2002, 2005; Лебедева, Савицкий, 2005, 2006; Савицкий, Матишов, 2011].

Мониторинг орнитофауны, изучение видового разнообразия, миграционной активности и сезонной динамики перед строительством ветроэлектростанций нами выполнен

в 2018–2020 гг. и продолжается. При исследовании особое внимание уделено редким и охраняемым видам.

В результате проведения эколого-орнитологической оценки территорий для размещения ветряных электрических станций установлено, что на исследуемой территории виды, занесенные в региональные и федеральную Красную книгу, встречаются в основном в периоды весенней и осенней миграции. В первую очередь это хищные *Pernis apivorus*, *Circaetus gallicus*, *Haliaeetus albicila*, ржанкообразные *Himantopus himantopus*, *Larus ichthyaetus* и другие.

Основную опасность ветроэнергетические установки (ВЭУ) представляют для всех видов орнитофауны. Высокие ВЭУ могут являться источником опасности для молодых и мигрирующих птиц, которым незнакомы новые техногенные элементы рельефа. Во время работы возможно столкновение птиц с движущимися лопастями. Периоды весеннего пролета разнообразны: от растянутого (с февраля по май) у хищных птиц до сжатого (с февраля по первую декаду апреля) у водоплавающих. Есть также и поздно прилетающие виды, образующие крупные скопления во время пролета (*Merops apiaster*, *Apus apus* и др.).

После строительства ВЭС необходимо проведение постоянного орнитологического мониторинга, который позволит оценить особенности воздействия ВЭС на птиц на разных территориях. Для предотвращения столкновения птиц с ветроэнергетическими установками необходимо предусматривать ряд птицезащитных мероприятий, которые будут направлены на отпугивание птиц от работающих ВЭУ. В качестве таких мероприятий необходима установка ультразвуковых акустических отпугивателей птиц на каждую башню ВЭУ, нанесение сигнальной окраски на края лопасти и установка ночных сигнальных фонарей.

Работа выполнена по теме ЮНЦ РАН «Структурно-функциональная организация и динамика равнинных биоценозов юга России в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия» (№ гр. АААА-А19-119011190176-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Говорушко С.М.* Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. Владивосток: Дальнаука, 1999.
2. Ключевые орнитологические территории России. Т. 3. Ключевые орнитологические территории международного значения в Кавказском экорегионе / под ред. С.А. Букреева, Г.С. Джамирзоева. М.: Союз охраны птиц России, 2009. 302 с.
3. *Лебедева Н.В., Ломадзе Н.Х., Казаков Б.А., Савицкий Р.М.* Популяционная экология большого баклана *Phalacrocorax carbo sinensis* в Таганрогском заливе Азовского моря // Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Т. IV. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. С. 344–359.
4. *Лебедева Н.В., Ломадзе Н.Х., Савицкий Р.М.* Цапли Восточного Приазовья и дельты р. Дон // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 305–320.
5. *Лебедева Н.В., Савицкий Р.М.* Состав и распределение птиц в условиях замерзания Азовского моря в период начала весенней миграции // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 291–296.

6. *Лебедева Н.В., Савицкий Р.М.* Хохотунья (*Larus cachinans* Pallas, 1811) в Таганрогском заливе Азовского моря // Экосистемные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей. Т. VIII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 225–237.
7. *Матишов Г.Г., Савицкий Р.М.* Элиминация водоплавающих видов птиц в Азовском море // Вестник Южного научного центра. Т .8. № 3. 2012. С. 50–54.
8. Обзор российского ветроэнергетического рынка и рейтинг регионов России за 2019 год. Сколково, 2019. 76 с.
9. *Савицкий Р.М.* Авифауна Азовского моря и Восточного Приазовья в современный период // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2013. С. 215–231.
10. *Савицкий Р.М., Матишов Г.Г.* Экология лутка *Mergus albellus* в зимний период в Азовском море // Экология. 2011. № 3. С. 237–240.
11. *Федяева В.В., Коломенский М.Ю., Шмараева А.Н., Толчеева С.В., Ткаченко Н.Н., Даньков В.И., Миноранский В.А., Клец Л.В., Хибухина Т.Ю., Липкович А.Д., Покуль С.Ю., Огарев М.И., Алдохина Л.В., Савицкий Р.М.* Природно-заповедный фонд Тихого Дона. Ростов н/Д.: Изд-во "D&V", 2018. 304 с.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ОСТРОВНЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ ДОНА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

К.С. Сушко[1, 2], Л.П. Ильина[1]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
kirrkka@yandex.ru, iljina@ssc-ras.ru

Дельта Дона – это уникальная территория с различными ландшафтами, плодородными почвами, продуктивными пастбищами и сенокосами, богатым растительным и животным миром, которая участвует в формировании биоресурсного потенциала Азовского моря и Таганрогского залива. Эта природная экосистема характеризуется дельтовыми ландшафтами (естественными, антропогенно-преобразованными и др.), отличающимися биологическим разнообразием флоры и фауны. На заповедных и слабо затронутых антропогенной деятельностью участках сохранились местообитания редких и краснокнижных видов растений и животных.

Современная дельта Дона представляет заболоченную низину, пересеченную прирусловыми валами современных рукавов и множеством ериков. В центральной части дельты возвышаются останцы надпойменной террасы – песчаные холмы до 5–6 м высотой. Множество мелких островов ограничивают дельту со стороны моря. Мелкие острова – приморская часть, остальные – внутренняя часть. Дельтовые острова (Джулька, Бирючий, Свиной и др.) поднимаются невысоко над уровнем воды, на некоторых из них имеются небольшие озера, из которых вытекают ерики с извилистыми очертаниями. Количество ериков, проток, рукавов, их густота увеличиваются по мере приближения к морю, а размеры островов уменьшаются. В дельте преобладают мелкие острова, оконтуренные узкими невысокими (0,2–0,5 м) грядами, которые образовались в результате отложения речных наносов [Сушко, Ильина, 2019].

В настоящее время изучение водных и наземных экосистем дельты Дона входит в число важнейших направлений научных работ Южного научного центра РАН. Для проведения комплексных исследований была создана Научно-экспедиционная база (НЭБ) «Кагальник», которая располагается на берегу одной из проток в юго-западной части дельты реки Дон. Непосредственно к НЭБ «Кагальник» примыкают границы природного парка «Донской». В марте 2017 г. создан полевой стационар «Дельта Дона», расположенный на острове Свиной в Азовском районе. Это позволяет проводить комплексные научные исследования постоянно и в течение всего года.

Актуальность изучения процессов деградации дельтовых ландшафтов обусловлена развитием техногенного процесса, при котором происходит резкое сокращение природных ландшафтов, трансформация почвенного и растительного покрова, снижение природно-ресурсного потенциала дельты и Нижнего Дона в целом при антропогенном воздействии.

Цель исследования – провести оценку степени деградации островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона.

Северная и центральная часть дельты Дона

Южная часть дельты Дона

Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб и закладки почвенных шурфов в дельте Дона

Следует отметить, что данная работа служит продолжением начатых исследований по проблеме изучения процессов деградации дельтовых ландшафтов. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в составе комплексных экспедиций на научно-экспедиционной базе ЮНЦ РАН «Кагальник».

Пробы почв и грунтов отбирались в соответствии с общепринятыми методиками [Аринушкина, 1970; Розанов, 2004] в различных частях дельты Дона: в северной части (гирло Широкое, река Мертвый Донец), центральной части (гирло Кутерьма, гирло Мериново, протока Каланча) и южной части (центральная, северо-западная и восточная части острова Свиной, протока Каменник, ерик Церковный, остров Донской, прибрежная территория р. Кагальник при впадении в Свиное гирло) (рис. 1).

При ранжировании дельтовых ландшафтов по степени деградации была использована шкала Харрингтона [Harrington, 1991], на основе которой было выделено пять зон деградации ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности с различным весом показателя: очень высокий, высокий, средний, ниже среднего, низкий.

В период проведения полевых работ выявлено, что в прибрежных и островных ландшафтах дельты Дона широко распространены аллювиально-луговые, лугово-аллювиальные, а также слоистые песчаные почвы дельтовых песков на почвообразующих породах различного генезиса. При зарегулировании речного стока реки Дон Цимлянским водохранилищем в 1952 г. исчезла прерывистость и слоистость почвообразования в почвах островной и прибрежной части дельты Дона. Паводки перестали промывать почвы дельты от солей, аккумулируемых в послепаводковые периоды из грунтовых вод. Повсеместно развиваются деградационные процессы, связанные с засолением, осолонцеванием, слитизацией и др. Важную роль имеют и антропогенные факторы среды, к которым относятся различные гидротехнические сооружения, стоки, пастбищная нагрузка и другие источники антропогенного воздействия.

Антропогенная деградация почв дельты Дона вызывается как непосредственным влиянием на почвы (рекреационное строительство, загрязнение, заболачивание почв, абразия берегов и т.п.), так и косвенными последствиями зарегулирования речного стока со второй половины XX в. (увеличению площадей, занятых тонкими илистыми осадками, и сокращению площадей аккумуляции песчаных наносов) [Матишов и др., 2017; Матишов, 2018].

На основании многолетних исследований выявлены основные виды деградации для островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона: физическая, физико-химическая, биологическая, гидрологическая и антропогенная. Очень часто в дельтовых почвах различные виды деградации могут проявляться совместно. Так, например, затопление и заболачивание приводит к негативным изменениям физико-химических свойств, а также биологических показателей почв. Кроме того, развитие одного типа деградации может активизировать негативные процессы, свойственные другому типу деградации. В частности, биологическая деградация, проявляющаяся в виде дегумификации (потеря гумуса и уменьшение мощности гумусовых горизонтов), повлечет за собой разрушение структуры плодородных горизонтов, ухудшение физико-химических свойств почв. Антропогенная деградация приводит к абразии берегов, изменению почвенного и растительного покрова, развитию процессов засоления почв и др. [Сушко, Ильина, 2019].

В результате проведенных работ и анализу различных почвенных показателей с применением шкалы Харрингтона [Harrington, 1991] было выделено пять зон деградации ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона по степени деградации

Состояние растительного покрова	Современное хозяйственное использование	Степень деградации дельтовых ландшафтов и занимаемая площадь
Тростниковые, камышовые, рогозовые, осоковые ассоциации с проективным покрытием до 80 %. Распространение небольших по размеру пятен с луговой растительностью	Земли, выведенные из сельскохозяйственного использования и которым присвоен статус особо охраняемых природных территорий; развитие туризма, природный парк Донской	Не деградированные (S=1078,0 га)
Естественная растительность представлена слабо нарушенными участками с растительными ассоциациями остепненных лугов. Распространены заболоченные луга с примесью разнотравья. Тростниковые ассоциации с проективным покрытием до 70 %	Склоновые ландшафты участков природного парка Донской, земли, выведенные из сельскохозяйственного использования; рекреационное строительство, дачные постройки	Слабо деградированные (S=1266,0 га)
Естественная растительность представлена лугами полупесчаными (пасаммофитные варианты лугов) и остепненными (песчаные степи). Преобладают растительные сообщества: житняково-типчаковые с примесью разнотравья, а также в комплексе с полынью и ромашником на засоленных почвах. Проективное покрытие 60–70 %	Склоновые ландшафты, микропонижения на луговых участках и сельскохозяйственных угодьях, выпас КРС; прудовые хозяйства	Средне деградированные (S=2049,6 га)
Естественная растительность представлена небольшими ареалами луговой растительности. Встречаются участки с тростниковыми зарослями (проективное покрытие 40 %).	Используются для выпаса КРС, селитебные ландшафты, примыкают к прудовым хозяйствам, участки с судоходными каналами, подверженными процессами абразии	Сильно деградированные (S=854,0 га)
Распространены луговые и болотные растительные ассоциации, встречаются пятна галофитной растительности на засоленных почвах (солонцах и гидроморфных солончаках). На песчаных участках – пасамоффитная растительность. На заселенных участках (поселки, хозяйства и др.) синантропная растительность	Ландшафты с очень высокой пастбищной нагрузкой, загрязненные ландшафты, сильнозаболоченные участки, песчаные участки с незначительной долей растений, районы сбросов вод прудовых хозяйств, долины пересохших ериков, различные неудобья	Очень сильно деградированные (S=692,46 га)

Выявлено, что антропогенная нагрузка и деградация почв имеют определенную эколого-географическую дифференциацию. Северная часть дельты Дона (острова между р. Мёртвый Донец и гирлом Кутерьма, площадь изученных островов составила 12,256 км^2) характеризуется преобладанием маломощных аллювиальных почв на слоистом песчаном аллювии, лугово-аллювиальных слоистых оглеенных почв на отложениях пойменных и старичных песков. Основными формами антропогенной деградации является уменьшение мощности верхних почвенных горизонтов, заболачивание, вторичное засоление аллювиальных почв.

Почвенный покров центральной части островов дельты Дона характеризуется наибольшим почвенным разнообразием (между гирлом Кутерьма и ериком Церковный; общая площадь изученных островов составила 32,81 км^2). В структуре почвенного покрова широко распространены аллювиально-луговые карбонатные в комплексе с лугово-аллювиальными солонцеватыми, а также лугово-болотные, болотные и почвы древесных насаждений. К основным деградационным процессам можно отнести абразию берегов, активизацию плоскостного смыва, развитие процессов засоления на водораздельных пространствах.

Южная часть дельты Дона между ериком Церковный и протокой Каменик до впадения реки Кагальник в Таганрогский залив (площадь изученных островов составила 13,48 км^2) характеризуется формированием комплексов почв, включающих маломощные аллювиальные почвы на слоистом песчаном аллювии, аллювиально-луговые карбонатные почвы, лугово-аллювиальные солонцеватые, аллювиальные слоистые оглеенные почвы на аллювиальных супесчаных отложениях. Выявлено, что южная часть островов дельты Дона подвержена наиболее интенсивной антропогенной нагрузке, доля комплексов с сильной и очень сильной степенью деградации здесь достигает 20 %. Это связано с высокой плотностью населения, с интенсивным использованием дельтовых ландшафтов в сельском хозяйстве, развитием морских и речных грузоперевозок, износом гидротехнических сооружений (прудов), химическим и физическим загрязнением вод.

Комплексные исследования по проблеме изучения процессов деградации островных и прибрежных ландшафтов будут продолжены, так как они позволяют получить новые данные о современном состоянии уникальных экосистем дельты Дона и Нижнего Дона.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. *Матишов Г.Г.* Дельта Дона в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогноз развития. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 5–12.
3. *Матишов Г.Г., Польшин В.В., Дюжова К.В., Сушко К.С., Титов В.В.* Результаты комплексных исследований голоценовых отложений Таганрогского залива Азовского моря // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 4. С. 43–59.

4. *Розанов Б.Г.* Морфология почв: учебник для высшей школы. М.: Академический проект, 2004. 432 с.
5. *Сушко К.С., Ильина Л.П.* Особенности развития деградационных процессов в ландшафтах дельты Дона // Закономерности формирования и воздействия морских, Атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): мат-лы Межд. науч. конф. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019 С. 243–246.
6. *Harrington E.C.* The desirable function // Industrial Quality Control. 1991. V. 21, № 10. P. 124–131.

К ПОЗНАНИЮ СУПРАЛИТОРАЛЬНОЙ ФАУНЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Е.Н. Терсков, И.В. Шохин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
nocaracris@yandex.ru

Исследованию морских побережий как наиболее населенных человеком и уязвимых контурных экосистем уделяется в современный период большое внимание. По данным ООН, более трети населения земного шара обитает на морских берегах и около 40 % – в 100-километровой прибрежной зоне [The value ... 2018]. При этом данные зоны испытывают мощную антропогенную нагрузку. Таманский полуостров в этом отношении не является исключением. Развитие рекреационной инфраструктуры, строительство нового Крымского моста способствовали сокращению либо значительному преобразованию естественных мест обитания многих видов животных. Немаловажную роль играют и техногенные катастрофы, в результате которых биота всех трофических уровней на морских побережьях бывает частично или полностью уничтожена. Достаточно вспомнить разрушение нефтеналивных танкеров после шторма 2007 г. [Матишов и др., 2008], приведшее к загрязнению песчаных кос и побережий Таманского и Керченского полуостровов.

Прибрежная зона Черного, Азовского морей и Керченского пролива на территории Таманского полуострова представляют собой уникальную природную систему, формирование которой происходило в сложных меняющихся естественных и антропогенных условиях. Кроме того, песчаные побережья морей являются одним из важнейших миграционных коридоров для многих видов беспозвоночных и отражают не только новейшие миграции, но и фауногенез обширных территорий, дают понимание трансгрессий и регрессий древних и современных морских бассейнов [Набоженко и др., 2012]. В этом отношении прибрежная зона Черного, Азовского морей и Керченского пролива на территории Таманского полуострова представляет огромный интерес. Исследования фауны супра- и псевдолиторали этого региона носят отрывочный характер. На сегодняшний день необходим детальный анализ полученных данных, устанавливающий направление дальнейшего развития этих экосистем под воздействием климатических и антропогенных изменений.

Основным материалов для настоящей работы послужили сборы авторов в ходе экспедиционных исследованиях в 2015–2018 гг. в прибрежной зоне Таманского полуострова. Сбор беспозвоночных осуществлялся общепринятыми методами (кошение энтомологическим сачком, ручной сбор, отлов насекомых с помощью ловушек Барбера, сбор насекомых на свет). Район исследования расположен на территории Краснодарского края и представлен на рисунке 1. Точками обозначены участки мониторинга на территории Таманского полуострова.

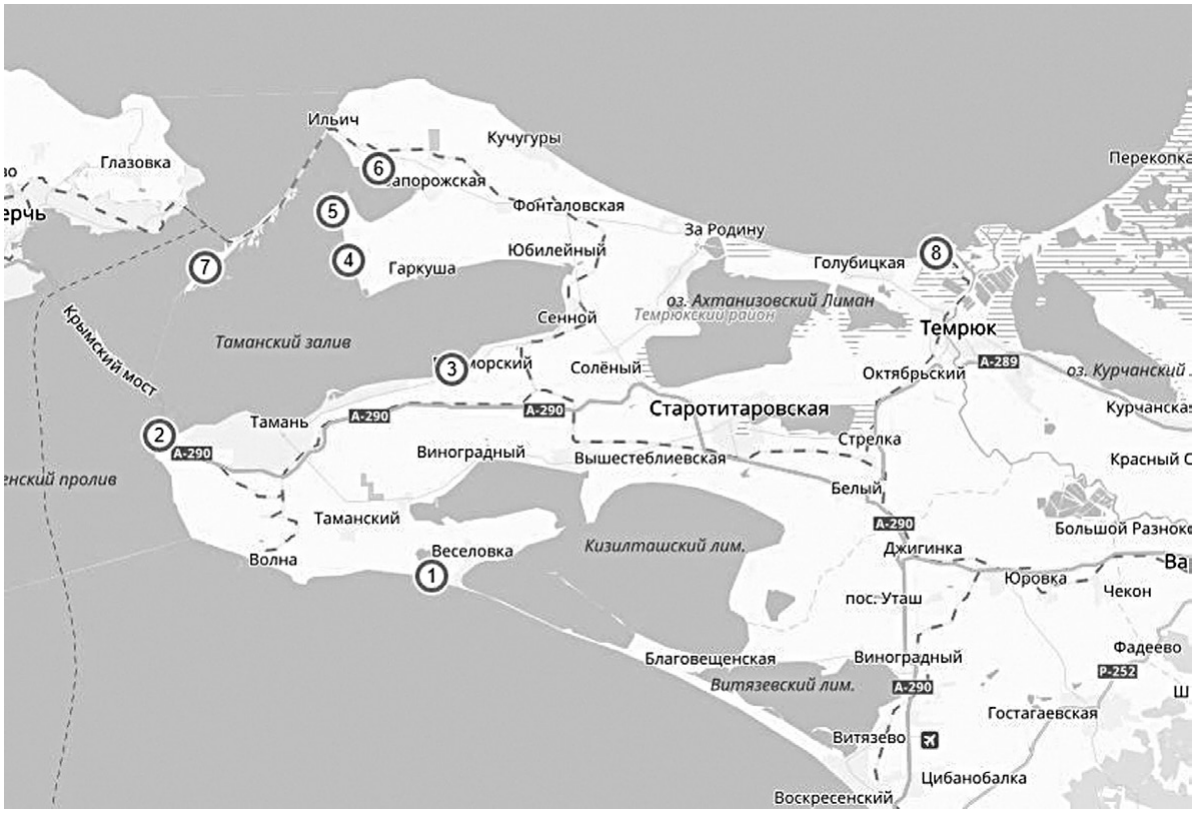


Рис. 1. Карта-схема участков мониторинга
на территории Таманского полуострова

Ниже приведена краткая характеристика участков мониторинга:

Участок № 1. Участок представлен крутым обрывистым склоном с узкой прибрежной полосой, которая варьирует от 5 до 8 м.

Участок № 2. Территория сильно антропогенно трансформирована, постоянная энтомофауна отсутствует.

Участок № 3. Прибрежная полоса узкая и варьирует от 2 до 4 метром, далее располагается заливная часть с рудеральной либо галофильной растительность протяженностью от 15 до 20 м.

Участок № 4. Участок холмистый, береговая полоса почти всегда узкая. В понижениях часто заливается морской водой, образуя впоследствии многочисленные солончаки. Энтомофауна этого участка отличалась наибольшим разнообразием и богатством.

Участок № 5. Участок характеризуется обрывистым берегом с узкой прибрежной частью.

Участок № 6. Участок характеризуется довольно широкой прибрежной полосой 10–12 м с многочисленными солончаками. Вследствие этого энтомофауна представлена в основном мезофильными и галофильными видами.

Участок № 7. Участок представляет собой узкую песчаную косу, которая является полуостровной косой, расположенной в северной части Керченского пролива. Западный берег косы прямой, от восточного отходят к югу многочисленные длинные отростки. Коса сложена из мелкого кварцевого песка с примесью ракушки.

Участок № 8. Участок равнинный с небольшими дюнами в прибрежной части. Территория антропогенно трансформирована, вследствие чего энтомофауна находится в депрессивном состоянии. Участок характеризуется обедненной фауной супралиторальных беспозвоночных.

Наибольшее разнообразие беспозвоночных супралиторали Таманского полуострова отмечено на участке № 4. Наиболее многочисленными были прямокрылые (Orthoptera) из семейства Acrididae: *Chorthippus loratus*, *Chorthippus maritimus*, *Acrida anatolica*, *Calliptamus italicus*, *Calliptamus barbarus*, *Oedipoda caerulescens*, *Platypygius crassus*, *Ailopus thalassinus*, *Epacromius pulverulentus*, *Locusta migratoria*. Tettigoniidae не отличались богатством видового состава (*Tessellana veyseli*, *Saga pedo*, *Platycleis affinis*, *Decticus verrucivorus*, *Tettigonia viridissima*), но были более многочисленными по сравнению с другими участками. Gryllidae представлены *Melanogryllus desertus* и *Oecanthus pellucens*, Mogoplistidae – *Arachnocephalus vestitus*. Большим видовым разнообразием отличались Mantoidea: *Bolivaria brachyptera*, *Mantis religiosa*, *Iris polystictica*, *Hierodula transcaucasica*, *Ameles heldreichi*. На степных склонах с разнотравно-злаковой растительность отмечался *Libelloides macaronius* (Neuroptera). Жесткокрылые (Coleoptera) были неплохо представлены по сравнению с другими участками мониторинга, но в целом тоже были малочисленны. Среди представителей семейства Tenebrionidae обитают на песчаном побережье *Gonocephalum pygmaeum*, *Opatrum sabulosum*, *Phaleria pontica* из сем. Tenebrionidae. Также на свет прилетал *Heteroceris sp.* (Heteroceridae). Carabidae были представлены *Pterostichus sp.*, *Poecelius sp.* Среди Scarabaeidae отмечены: *Euoniticellus fulvus*, *Sisyphus schaefferi*, *Gymnopleurus mopsus*. Также встречаются *Capnodis tenebricosa* (Buprestidae), *Hippodamia variegata*, *Harmonia axyridis* (Coccinellidae). Lepidoptera были представлены видами *Vanessa atalantha* и *Pieris napi*, в сумеречное время отмечались прилетавшие на свет *Choreutis nemorana*, *Bryophila rectilinear*, *Hyles livornica*, *Ethmia bipunctella*, *Lamoria anella*, *Idaea degeneraria*, *Grammodes stolida*, *Chrysodeixis chalcites*, *Helicoverpa armigera*. Hemiptera – *Eurydema ornata*, *Pinthaeus sanguinipes*, *Acrosternum heegeri*.

В фауне беспозвоночных супралиторали Таманского полуострова отмечено 74 вида из 11 отрядов, 3 классов. Полученные данные по биотопической приуроченности позволяют выявить особенности их распределения по мере удаления от уровня воды.

В зоне заплеска (псевдолитораль) обитают преимущественно амфибиотические беспозвоночные. На всех участках прибрежной зоны Черного, Азовского морей и Керченского пролива отмечен в больших количествах *Orchestia bottae* (Malacostraca, Talitridae). Зона выброса водорослей охватывает прибрежную часть до 200 см от уровня воды. На границе с псевдолиторалью характеризуется переувлажнением. Здесь фоновым видом также является *Orchestia bottae*. В дистальной части под сухим слоем органических остатков растительного происхождения обитают *Phaleria pontica* (Insecta, Coleoptera) и *Labidura riparia* (Insecta, Dermaptera). В псаммофитных биотопах морских побережий и кос обнаружено 20 видов. В энтомофауне отчетливо превалируют Orthoptera. Фоновыми видами являются *Acrotylus longipes* и *Sphingonotus caerulans*. Жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) в основном были представлены псаммофилами (*Psammodius asper*), обитающими на корнях растений, в первую очередь на полынях, и хищными видами *Cicindela lunulata*, *Broscus cephalotes*. Растительноядные пластинчатоусые (Scarabaeidae) *Polyphylla alba*, *Chaetopteroplia segetum*, *Anisoplia austriaca* в личиночной стадии также развиваются на корнях растений в песчаной почве.

Солончаковые луга по краям лиманов и морских побережий характеризуются галофильными видами Orthoptera – *Platypygius crassus*, *Aiolopus thalassinus* и *Epacromius pulverulentus*.

На травянистых участках отмечено наибольшее разнообразие. В количественном отношении преобладали представители отряда Orthoptera, среди которых доминантными являются *Acrida anatolica*, *Chorthippus maritimus*, *Chorthippus loratus*, *Tettigonia viridissima*. Впервые отмечен на Таманском полуострове *Haploembia solieri* (Insecta, Embioptera). Среди жесткокрылых в массе встречался *Zabrus tenebriodes*.

На территории исследования отмечены редкие виды, включенные в Красную книгу Краснодарского края [2017]: *Iris polystictica*, *Bolivaria brachyptera*, *Ameles heldreichi* (Mantoidea), *Saga pedo* (Orthoptera), *Libelloides macaronius* (Neuroptera), *Haploembia solieri* (Embioptera).

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А18-118122790121-5 и проекта РФФИ № 18-34-00684.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Краснодарского края. Животные. III Издание. Краснодар: Адм. Краснодарского края, 2017. 720 с.
2. *Матишов Г.Г., Бердников С.В., Савицкий Р.М.* Экосистемный мониторинг и оценка воздействия разливов нефтепродуктов в Керченском проливе. Аварии судов в ноябре 2007 г. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 80 с.
3. *Набоженко М.В., Шохин И.В., Абдурахманов Г.М., Клычева А.Н., Марахонич А.В., Олейник Д.И.* Основные закономерности распределения и генезис псаммофильных жесткокрылых понто-каспийского региона на примере Tenebrionidae и Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) // Юг России: экология, развитие. 2012. № 1. С. 110–126.
4. The value of coastal ecosystems / UN Environment. URL: http://web.unep.org/coastal-eba/it/node/63 (дата обращения: 30.05.2018).

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ДЕЛЬТЕ ДОНА И НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

И.В. Толочко

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

Работы выполнялись согласно современной методике геоархеологических исследований с изучением следующих компонентов: 1) установление положения объекта (археологического памятника) во временном контексте путем приложения принципа стратиграфии и абсолютного датирования; 2) выяснение хода естественных процессов формирования археологического памятника в пространственном контексте; 3) реконструкция ландшафта (т.е. природной среды), в котором существовал древний человек; 4) анализ экологической ситуаций, в контексте которой существовало древнее поселение: установление перечня (набора) экологических проблем; пространственная локализация экологических проблем; определение комбинации (сочетания) экологических проблем и отнесение выявленного ареала к той или иной степени остроты экологической ситуации.

В июне и сентябре 2019 г. проводились археологические разведки в дельте р. Дон в районе х. Рогожкино (Азовский район Ростовской области) и на побережье Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря (от х. Чумбур-Коса Азовского района Ростовской области до х. Шиловка, Ейского района Краснодарского края). Особенности локализации дельты р. Дон, специфичность природно-климатической зоны, в которой она расположена, а также чрезвычайно выгодное географическое положение определили ее исключительно важную роль в исторической судьбе региона. В результате анализа архивных материалов было установлено, что территория дельты Дона была сравнительно плотно заселена уже в древнейшие эпохи (начиная с III тыс. до н.э.), поселения и сезонные стоянки занимали около 32 % всей площади дельты. Система расселения в древности была тесно связана с ландшафтом территории: максимальная концентрация поселений прослеживается на естественных возвышенностях в пойме Дона и по берегам стариц – протоков Дона (ериков) [Гарбузов и др., 2009].

Многие известные в дельте Дона археологические памятники имеют признаки нескольких археологических культур (от эпохи энеолита до средневекового и нового времени) и в основном расположены в центральной части дельты Дона, как правило, на территории больших массивов вытянутых широтно песчаных дюн («бугров»), хотя исследования последних лет доказывают, что области за ее пределами также обладают значительным археологическим потенциалом. Первые, достаточно четко фиксируемые археологическим путем следы жизни в центральной части дельты, которые являются надежными маркерами суши, пригодной для жизни и хозяйственной деятельности населения, относятся к началу III тыс. до н.э. Значительное количество памятников археологии сосредоточено также в западной части дельты, в районе современного х. Рогожкино и в его ближайшей округе. Изученный объект археологического наследия «Поселение и грунтовый могильник Рогожкино XII» представляет собой место проживания населения в эпоху энеолита,

античности и Средневековья (III тыс. до н.э., II–IV, VIII–X вв. н.э.), расположен вдоль гирла Каланча (Старый Дон), на гряде, разделенной небольшими ериками (Кабачным, Зарайченковым и Бубновым). Гряда является прирусловым валом гирл Большая Кутерьма и Каланча, сложенным преимущественно из незначительного почвенного слоя, суглинков и песка. В эпоху существования поселения в первом тысячелетии н.э. (этап нимфейской трансгрессии) оно находилось на западном побережье центрального острова в дельте Дона, почвенный ресурс – слабогумусный, с низким содержанием питательных веществ – позволял использовать землю в основном под пастбища для скота, причем на протяжении всего исторического периода сохранялась тенденция к перевыпасу и ухудшению состояния пастбищных угодий. Для жителей поселка Рогожкино XII главным занятием было рыболовство и обработка рыбных продуктов, в меньшей степени – пастбищный выпас скота.

В ходе работ были выполнены разведочные исследования побережья Таганрогского залива и Азовского моря (участок от х. Новомаргаритовский Азовского района до АТП «Ясенское» Ейского района Краснодарского края). Геоморфологическая характеристика береговой зоны Ейского лимана в эпоху нимфейской трансгрессии свидетельствует об активных эрозионных процессах в рыхлых береговых толщах, сопровождавшихся расширением речных долин. В условиях повышенной штормовой активности происходила интенсивная переработка суглинисто-глинистых обрывов. Темпы волнового разрушения могли достигать 15–20 м/г, а возможно, и более. На побережье Ейского лимана если и существовали поселения эпохи бронзы и раннего железа, то они не смогли сохраниться из-за сильных эрозионных процессов берега. Согласно предварительным расчетам, за последние 2000 лет могло разрушиться около 2 км прибрежной зоны Ейского лимана [Артюхин и др., 2015].

В результате археологической разведки в 2019 г. были выявлены курганные могильники в основании Ейской косы (Курганные группы Должанская 4–5). Раскопанные в 1993 г. в непосредственной близости курганы курганных групп Должанская 1–3 датировались в пределах II–I вв. до н.э. и были оставлены носителями раннесарматской археологической культуры – кочевниками, обитавшими зимой поблизости от морского побережья – вероятно, там, где легче было найти корм для скота. Сохранившиеся остатки поселений на осмотренной территории датируются средневековым временем – XIII–XIV вв. и могут быть соотнесены с венецианскими портоланами – морскими картами с указаниями портов и поселений [Волков, 1998]. Изучена территория дельты реки Ея, отмечен низкий процент археологических памятников (в эпоху бронзы – раннего железа был обитаем лишь участок суши около 3 % территории. Расположенные в дельте и долине р. Ея крайне немногочисленные курганы и стоянки относятся к средневековому времени – XII–XIII вв. н.э. Причиной слабой заселенности территории предположительно может быть высокий процент минерализации воды в р. Ея, значительный рост наблюдается от истока к устью. Значения этого показателя превышают значения ПДК на всём протяжении русел рек Ея, Челбас, Бейсуг. В пробах поверхностных вод рек Кирпили и Понура общая минерализация не превысила допустимого уровня на всём протяжении русел.

Работа подготовлена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарбузов Г.П., Толочко И.В., Белов В.В.* Проблемы формирования археологической базы данных для территории Природного парка «Донской» (участок «Дельта Дона») // Вестник Южного научного центра РАН. 2009. Т. 3. № 3. С. 49–58.
2. *Артюхин Ю.В., Артюхина О.И., Родионова Н.Б.* Ейское морское побережье: история и проблемы освоения, природные основы реконструкции. Ейск, 2015, 205 с.
3. *Волков И.В.* Исследования Южно-Российской комплексной экспедиции в Приазовье в 1995–1997 гг. // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 1995–1997 гг. Азов, 1998. С. 48–53.

ВОДОХРАНИЛИЩА КАЛМЫКИИ И ЭКОТОННЫЕ СИСТЕМЫ «ВОДА – СУША» ИХ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

С.С. Уланова

Институт комплексных исследований аридных территорий, г. Элиста
svetaulanova@yandex.ru

Формирование поверхностных вод Калмыкии обусловлено рядом негативных условий: высокой аридностью климата, равнинным характером окружающих ландшафтов и засоленностью отложенных морем песчано-глинистых грунтов. Гидрологический режим большинства изучаемых водохранилищ характеризуется нестабильностью характеристик: размерами, уровнем минерализации, повышенным испарением, замедленным водообменом, слабой проточностью, длительным пребыванием в них воды до ее смены и, как следствие в условиях жаркого климата, – накоплением химических и токсичных веществ.

Объекты исследования – искусственные водоемы и экотонные системы «вода – суша», формирующиеся на их побережьях. Водохранилища были созданы в середине прошлого века в основном для целей питьевого водоснабжения и орошения и располагаются в разных ландшафтных условиях: водохранилище Аршань-Зельмень – на Ергенинской возвышенности; водохранилища Цаган-Нур и Деед-Хулсун – в Сарпинской ложбине Прикаспийской низменности; Чограйское водохранилище – в Кумо-Манычской впадине.

В целях определения объективной оценки состояния водных объектов и их воздействия на прилегающие территории с 2001 года по настоящее время проводится геоэкологический мониторинг, включающий в себя получение количественных значений следующих показателей: гидрологических (уровень, площадь, объем водоема), гидрохимических (минерализация, тип химизма), экологических – состав лимнофильной орнитофауны, гидробиологическое состояние водных объектов, функционирование экотонной системы «вода – суша» на побережье. Методологическая основа проведения полевых работ – экотонная концепция «вода – суша» В.С. Залетаева, согласно которой вокруг водоемов выделяются блоки-пояса растительности, формирующиеся под различным влиянием водного объекта, в зависимости от его удаленности [1]. Структурно-функциональная организация блоков экотонов изучаемых водоемов подробно описана автором в ряде научных публикаций и обобщающих монографий ранее [3].

Натурные наблюдения с отбором проб поверхностных и грунтовых вод проводились с использованием собственной методики, апробированной нами ранее [2] в весенние (апрель – май) и осенние периоды (сентябрь – октябрь) с 2001 по 2019 г. Пробы отбирались на разных участках водохранилищ, как правило в центральной части, вблизи выклинивания подпора и в приплотинной части. В рамках многолетнего мониторинга был создан детализированный банк геоданных, включающий информацию, полученную с помощью наземных полевых и лабораторных исследований, анализа материалов космической съемки. Ядро базы данных составляют информационные объекты, отражающие состояние

основных компонентов экосистем: почв, растительности, подземных и поверхностных вод.

Практически все водохранилища Калмыкии существуют на привлеченном стоке, приток пресных вод в эти водоемы часто осуществляется по каналам, берущим воду вне территории Калмыкии. В таких условиях наиболее резко сказываются все изменения уровенного и гидрохимического режима водоемов. Поэтому особое внимание было уделено изменению площади водного зеркала, определяемой с помощью материалов разновременной космической съемки высокого и сверхвысокого разрешения. Основные характеристики изучаемых водохранилищ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики изучаемых водохранилищ

Характеристики	**Водохранилища**			
	Аршань-Зельмень	**Деед-Хулсун**	**Цаган-Нур**	**Чограйское**
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Год заполнения	1936 г.	1975 г.	1978–1979 г.	1970 г.
Бассейн реки	Аршань-Зельмень	р. Яшкуль	реликт древнего русла р. Волги	р. Восточный Маныч
Тип водохранилища	балочный	балочный	русловой	долинный
Длина, км (при НПУ)	5,5	13	45–50	48,8
Ширина, км (при НПУ)	1,7	3–4	0,7–1,5	8,8
Средняя глубина, м	1,5	2,2	1,15	3,7
Максимальная глубина, м	10,6	5	2	10,8
Площадь водного зеркала при НПУ, км^2	8,11	22	45,41 (2001 г.)	193
Площадь водного объекта в 2019 г., км^2 (ИСЗ «Landsat-8» 26.03.2019).	4,79	12,22	1,7	68,18
Полезный объем, млн м^3 (при НПУ)	26,6	18	62	670
Полный объем, млн м^3 (при НПУ)	29,4	22,1	84	720
НПУ	33,0	–7,0	–0,68	22,4
ФПУ	33,7			25,30
УМО	26,0		–2,10	18,0
ГТС: плотина				

Продолжение табл. 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ширина, м	10	7	10	8
Длина, м	340	1200	2000	9850
Питание водохранилища	атмосферные осадки, грунтовые воды, р. Аршань-Зельмень	по каналам Черноземельской ООС из Чограйского водохранилища, р. Яшкуль	волжская вода, сброшенная по каналу ВР-1 после орошения рисовых чеков	из рек Терек и Кума по Терско-Кумскому каналу, р. Голубь, Рагули, Чограй
Первоначальное назначение водохранилища	орошение на площади 1,2 тыс. га, рыболовство, рекреация, водопой скота	приемник сбросных вод, заказник, рыбоводство, лиманное орошение, рекреация, водопой скота	водоприемник сбросных вод с орошаемых Сарпинской ООС, орошение на площади до 67,78 тыс. га; промысловое рыболовство; региональный заказник	орошение, обводнение, питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, промысловое рыболовство, рыбоводство, организованная рекреация (2 пионерлагеря), водопой скота
Современное использование	лиманное орошение на площади 50–100 га, рыболовство, водопой скота	приемник сбросных вод, заказник, рыбоводство, лиманное орошение, рекреация, водопой скота	водоприемник сбросных вод; заказник	орошение и техническое водоснабжение (в меньшем объеме), промысловое рыболовство (в меньшем на 30 % объеме), неорганизованная рекреация, водопой скота

Многие крупные водохранилища Калмыкии претерпевают значительные трансформации в связи с прекращением подачи воды с сопредельных территорий. Так, например, *водохранилище Цаган-Нур* на севере республики. Его площадь была максимальной в 2004 г. (60,80 км^2), а к весне 2019 г. уменьшилась в 35 (!) раз и составила 1,7 км^2. Причина обмеления – уменьшение подачи воды из Волги вследствие уменьшения площади орошаемых рисовых массивов и отсутствия у республики финансовых средств для оплаты электрических насосов, подающих воду. Уменьшение объема воды привело к увеличению минерализации, в последнее время качество вод водоема ухудшалось с каждым годом: 12,4 г/л (2014 г.); 22,1 (2015 г.), 70,24 г/л (2018 г.); 107,73 г/л (2019 г.) – приплотинная часть водоема, весенние периоды. Зона выклинивания подпора и центральная часть водоема вследствие обсыхания практически перестала существовать, превратившись в солончаковое болото. Обмеление водохранилища повлекло за собой понижение уровня грунтовых вод, в результате чего сплошные тамариксовые заросли высотой до 3 м, произраставшие ранее на первой пойменной террасе, полностью высохли. Экотонная территория водоема

испытывает сильнейшую степень стравливания из-за выпасаемого здесь крупного и мелкого рогатого скота.

Чограйское водохранилище, расположенное на юге Калмыкии, более 30 лет являлось источником питьевого водоснабжения и орошения г. Элисты и четырех административных районов республики. Его площадь уменьшилась втрое по сравнению с годом ввода в эксплуатацию (1969 г.) Зона выклинивания подпора водохранилища высохла полностью, в центральной части водоема вода отошла от берега более чем на 300 м по сравнению со среднемноголетним урезом, обнажив дно с остатками двустворчатых моллюсков. В приплотинной части Чограйского водохранилища вода значительно отошла от тела плотины, обнажив острова. В 2019 г. пробы воды отобрать в данном месте не удалось в связи с проваливанием в грунт. Анализ минерализации поверхностных вод показывает ее увеличение: 1,47 г/л (2015 г.), 1,7 г/л (2016 г.), 1,9 г/л (2017), 2,2 г/л (2018 г.) – приплотинная часть, весенние периоды. Тростниковые плавни в зоне выклинивания подпора погибли, покинули места обитания лимнофильные виды птиц.

Анализ материалов топоэкологического профилирования побережий ключевых искусственных водоемов Калмыкии показывает, что почти все блоки экотонной системы «вода – суша», выделенные В.С. Залетаевым (1997) для рек: аквальный, амфибиальный, флуктуационный, динамический, дистантный, маргинальный, – представлены в том или ином объеме на побережьях изучаемых водоемов. Однако экотоны водоемов Калмыкии имеют свою специфичность, определяемую географическим положением территории в контактной зоне степей и пустынь, характеризующейся аридным климатом и заключающуюся в широком развитии процессов засоления. Близкое залегание (1,5–2 м) сильно минерализованных (7,7–65,9 г/л) грунтовых вод в условиях аридного климата является причиной засоления почв (0,04–5,9 %) экотонной системы. Засоление почв преимущественно приповерхностное (0–10 см), что является результатом выпотного режима почв. По мере удаления от уреза воды засоление почв уменьшается (0,9–5,7 % во флуктуационном блоке и 0,2–0,3 % в маргинальном). Биологическая продуктивность максимальна во флуктуационном блоке и минимальна в маргинальном. Растительность представлена тростниково-тамариксовыми, разнотравно-злаково-тамариксовыми, солянково-полынно-тамариксовыми, солянково-белополынно-мятликовыми сообществами. Различия между экотонными системами «вода – суша» водоемов, располагающимися в разных ландшафтных районах, состоят в следующем: для экотонных систем водоемов Прикаспийского района (Цаган-Нур, Ханата, Деед-Хулсун) характерны наиболее засоленные почвы: от соровых солончаков и луговых хлоридно-сульфатных и сульфатно-хлоридных поверхностных и глубокопрофильных до собственно луговых засоленных и лугово-каштановых солонцеватых. Это обусловлено природно-климатическими особенностями Прикаспийского района: более высокая засушливость климата, бессточность, равнинность, высокая засоленность грунтовых вод налагают печать на процесс почвообразования и распределения растительности в экотонной зоне. В Ергенинском ландшафтном районе большая расчлененность рельефа, относительно обильные осадки создают экологические условия, благоприятные из-за меньшего засоления почв для формирования более мезофильного растительного покрова экотонных систем. Почвы экотонной системы изменяются от лугово-болотно-иловатых и влажно-луговых засоленных, собственно луговых до аллювиально-луговых слоистых засоленных, аллювиально-дерново-опустынивающихся карбонатных слоистых и лугово-каштановых обычных среднемощных. Растительность этой экотонной системы представлена в

основном мезофитами, мезогалофитами и видами широкой экологической амплитуды (*Calamagrostis epigeios, Alhagi pseudalhagi, Elaeagnus angustifolia* и др.).

Таким образом, долговременный геоэкологический мониторинг искусственных водоемов Калмыкии и их побережий показывает значительное ухудшение экологического состояния многих водных объектов: обмеление, увеличение минерализации поверхностных и грунтовых вод, засоление почв экотонной территории, уменьшение биоразнообразия растительности экотонов, гибель тростниковых плавней и тамариксовых поясов, угнетение и местами полностью исчезновение лимнофильных видов птиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Залетаев В.С.* Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере / под ред. д.г.н., проф. В.С. Залетаева. М.: РАСХН, 1997. С. 11–30.
2. *Новикова Н.М., Уланова С.С.* Структура и биоразнообразие экотонных систем побережий искусственных водоемов Калмыкии // Экотонные системы «вода – суша»: методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика / под ред. Н.М. Новиковой. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 85–98.
3. *Уланова С.С.* Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода – суша» на их побережьях. М.: РАСХН, 2010. 263 с.

ФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕГИОНА БОЛЬШОЙ СОЧИ

В.Г. Щербина

Филиал Института природно-технических систем, г. Сочи
v.g.scherbina@bk.ru

Реализация принципов рационального природопользования и охраны окружающей среды в рекреационно-туристских зонах базируется, в первую очередь, на состоянии трансформированной природной среды [Ивонин, 2012], определяемое ее структурной [Голод, Красовский, 1990; Ивонин, 2000] и функциональной устойчивостью [Щербина, 2006]. С позиции экологии наряду со многими задачами вытекает необходимость углубления базиса о ведущих системных факторах и их участии во взаимообусловленной динамической интегрированности при дигрессии природных сообществ [Гордиенко, Солнцев, 1999; Шмаль, 2010].

Для лесных рекреационных объектов региона Большой Сочи данные вопросы остаются еще мало проработанными.

Цель исследования заключалась в выявлении влияющих факторов на доминирующие лесные экосистемы во влажных лесорастительных условиях сочинского региона и оценке их динамики на диапазоне с I по V стадию рекреационной дигрессии.

Объектом исследования являлись экосистемы буковой, грабовой и дубовой формаций при сомкнутости основного полога 0,9–1,0. Анализ базировался на эмпирическом материале комплексных полевых работ по стандартным методам на трансектах и репрезентативных временных пробных площадях с августа 1989 г. по март 2020 г.

Количественные величины показателей плотности, разнообразия и доли участия (лишайников, птиц, орибатид, беспозвоночных мезопедобионтов, древостоя, подлеска, подроста, травяно-кустарничкового покрова) определялись по усредненному модальному значению за годы исследований при значимости 0,05. Оценка видовой емкости, видовой полночленности / неполночленности и видового фонда осуществлялась по В.В. Акатову и др. [Акатов, 2009].

Факторный анализ включал главные компоненты и главные факторы [Лоули, 1997]. Определяющим параметром численности общих факторов являлись суммарная общность дисперсии (≥80) и собственное значение более 1.

По полученным результатам на фоне отличий между экосистемами по присущим им биоэкологическим особенностям, связанным со структурно-функциональными параметрами [Жиглова, 2007], отмечаются и общие закономерности по смене состава и размерности влияющих пяти факторов при прохождении стадий трансформации сообществ (рис. 1).

Устойчивое динамическое состояние на I стадии рекреационной дигрессии обусловлено гармонически функционирующей ненарушенной системой и характеризуется влиянием 33,6–52,9 % видовой емкости, 19,8–31,9 % видового фонда и 8,2–25,1 % ценотическим фактором.

По шкале уровней сопряженности [Дедю, 1990] основной вклад на уровне удовлетворительных и верных индикаторов вносят: видовая плотность (видов/пробная площадь) лихенофлоры (r = 0,770–0,883), подлеска (r = 0,797–0,812), аборигенных видов (r = 0,768–0,834), мезопедобионтов-редуцентов (r = 0,933–0,951); гнездовая плотность (пар/п.п.) птиц, поселяющихся на земле (r = 0,872–0,903); популяционная плотность (тыс. шт/га) древесного подроста (r = 0,768–0,867); доля участия (%) аборигенных видов (r = 0,946–0,987), почвенных редуцентов (r = 0,836–0,881), гнездящихся птиц в подлеске (r = 0,772–0,895) и на земле (r = 0,910–0,962) [Щербина, 2006].

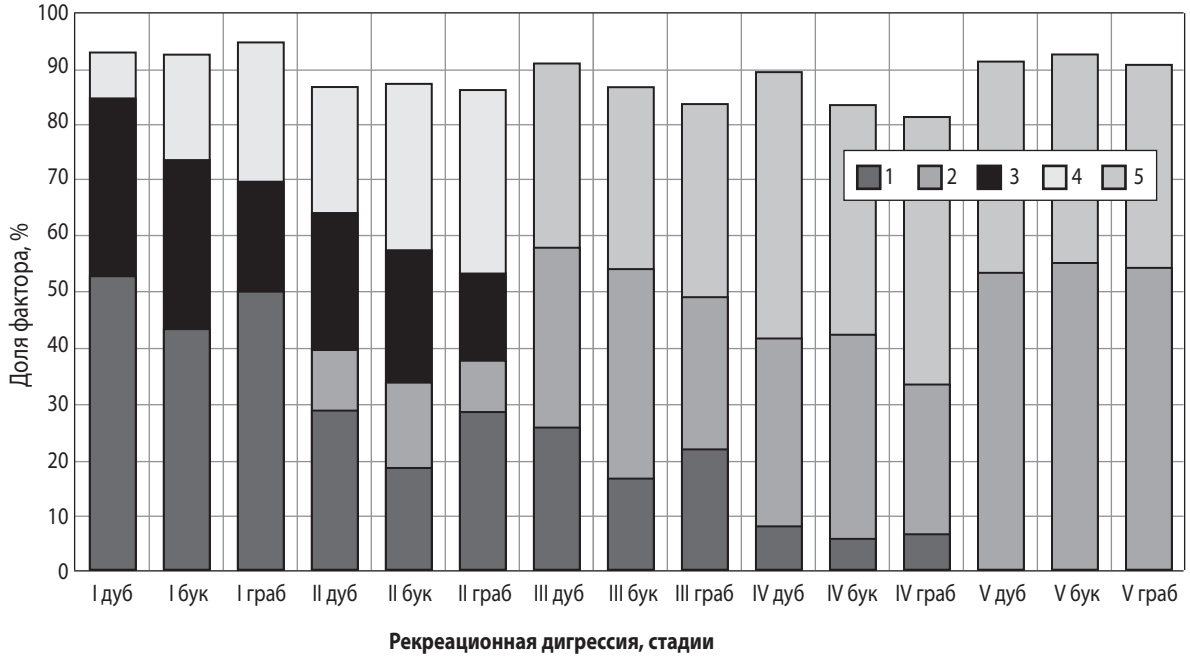


Рис. 1. Динамика влияющих факторов на стадиях рекреационной дигрессии в лесных экосистемах с доминирующим дубом, буком, грабом:
1 – видовая емкость; 2 – видовая неполночленность; 3 – видовой фонд;
4 – ценотический; 5 – синантропный

На II стадии рекреационной дигрессии, с повышением доли лугово-опушечных и злаковых видов, на фоне сокращения гнездовых стаций у наиболее чувствительных наземногнездящихся и подлесочных птиц и выпадения из сообществ рецедентных видов орибатид, брюхоногих моллюсков и видов в травяном покрове, регистрируется снижение, как видовой емкости (на 43,0–58,5 %), так и видового фонда (на 21,7–23,5 %), с большим снижением в экосистемах, изначально наиболее сложно организованных. Проявляемая реструктуризация сообществ изменяет напряженность в межвидовых и внутривидовых отношениях, сопровождается нарушением ценотической структуры (возрастание доли ослабленных деревьев – r = 0,768–0,929, участия фиторизофагов – r = 0,803–0,957 и хищных мезопедобионтов – r = 0,773–0,817) и закономерным проявлением видовой неполночленности (9,0–11,6 %).

Значительные (III стадия) и сильные (IV стадия) нарушения лесной среды [Казанская, 1977] характеризуются снижением видовой емкости за счет элизии значительной части лесных и адвентивных видов (орибатид, моллюсков, энтомофауны, сосудистых растений в подлеске и травяно-кустарничковом покрове) [Репшас, Палишкис, 1983; Щербина, 2006] и,

следовательно, ростом напряженности в освобождаемых экологических нишах с возрастанием роли в ценозах синантропов (до 41,2–48,1 %).

На V стадии рекреационной дигрессии исчезают или значительно снижают свое участие серийные, аборигенные и синантропные виды моллюсков, орибатид, птиц, подлеска, подроста; оставшиеся, наиболее устойчивые виды имеют доминирование в диапазоне 61,5–100 % [Таран, Спиридонов, 1977; Щербина, Белюченко, 2006]. В результате нарушаются консортивные связи [Чижова, 1977], утрачивается влияние фактора видовой емкости, снижается синантропный фактор (на 10,4–24,3 %) и возрастает видовая неполночленность. Ведущее значение приобретает разнообразие фиторизофагов (r = 0,937–0,981) и участие птиц, гнездящихся в дуплах (r = 0,927–0,944).

Таким образом, во влажных лесорастительных условиях региона Большой Сочи в рекреационно трансформированных дубовых, буковых и грабовых экосистемах, при сомкнутости основного полога 0,9–1,0, влияющие факторы на структурные и функциональные характеристики имеют количественные и качественные отличия между отдельными стадиями рекреационной дигрессии. С ростом нагрузки снижение видовой емкости отражается на увеличении неполночленности сообществ и росте участия синантропных видов. В свою очередь, по динамике фактора видовой неполночленности можно констатировать, что по мере повышения устойчивости к рекреационному воздействию на II–IV стадиях дигрессии формируется ряд экосистем с доминирующим участием бука, дуба, граба. При наличии V стадии – значительно трансформированные экосистемы «выравниваются» по реакции на рекреационное воздействие.

Полученные результаты могут найти применение при оценке структурно-функционального состояния рекреационно затронутых лесных сообществ, а также при проведении экологического мониторинга в рекреационно-туристской зоне сочинского побережья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акатов В.В. и др.* Уровень полночленности и потенциал инвазибельности растительных сообществ: гипотеза соотношения видовых фондов // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 4. С. 328–340.
2. *Голод Д.С., Красовский Е.Л.* Влияние рекреации на структурные элементы лесных биогеоценозов // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования: тез. докл. Всесоюзного совещания (10–12 сент. 1990 г.). Л., 1990. С. 22–23.
3. *Гордиенко В.А., Солнцев Г.К.* Лесные пользования на Северном Кавказе. М.: ВНИИЦлесресурс, 1999. 472 с.
4. *Дедю И.И.* Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. 406 с.
5. *Жиглова С.В. и др.* Состояние подроста в рекреационных субтропических буковых биогеоценозах // Лесное хозяйство Северного Кавказа. 2007. Вып. 25. С. 109–115.
6. *Ивонин В.М. и др.* Рекреационная экология горных лесов российского Причерноморья. Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2000. 271 с.
7. *Ивонин В.М. и др.* Реабилитация лесных экосистем, нарушенных в ходе строительства объектов Олимпиады-2014. Сочи, 2012. 250 с.
8. *Казанская Н.С. и др.* Рекреационные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 96 с.
9. *Лоули Д., Максвелл А.* Факторный анализ как статистический метод. М.: Мир, 1967. 274 с.

10. *Репшас Э.А., Палишкис Е.Е.* Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения // Лесоведение. 1983. № 1. С. 3–10.
11. *Таран А.И., Спиридонов В.Н.* Устойчивость рекреационных лесов. Новосибирск: Наука, 1977. 179 с.
12. *Чижова В.П.* Рекреационные нагрузки в зонах отдыха. М.: Наука, 1977. 115 с.
13. *Шмаль А.Г.* Факторы экологической безопасности – экологические риски. Бронницы: МП «ИКЦ БНТВ», 2010. 192 с.
14. *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Мониторинг окружающей среды: методологические основы. 3-е изд. доп. и перераб. Сочи: ИЭиВС, 2006. 356 с.
15. *Щербина В.Г., Щербина Ю.Г.* Рекреационные ресурсы Северного Кавказа. Ч. I. Кривой Рог: Минерал, 2006. 500 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОВ И БОРЬБЫ С НИМИ В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ

А.Ш. Мамедов

Московский областной филиал
Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru

Пожар на судне является большим бедствием. Он уничтожает материальные ценности, а иногда приводит к гибели людей. Особенно большой ущерб причиняют пожары на пассажирских, грузопассажирских, нефтеналивных танкерах, сухогрузах и рыболовецких судах [1].

В жилых и служебных помещениях на судах факторы пожарной опасности определяются особенностями конструкции судна в целом и указанных помещений, способами их изоляции и обстройки, количественными и качественными характеристиками насыщенности горючими материалами. Большая часть морских судов, как известно, построена из стали. Все жилые и служебные помещения расположены внутри корпуса, надстроек и рубок и представляют собой разветвленную систему помещений, связанных между собой коридорами, трапами или шахтами трапов. Количество выходов на открытую палубу ограничено. Наибольшее их число устраивается на шлюпочной палубе. Размеры иллюминаторов и их количество также ограничены [2]. В условиях эксплуатации, особенно при наличии на судне системы кондиционирования воздуха, большая часть иллюминаторов закрыта.

При всех способах изоляции, обстройки и оборудования помещений невозможно полностью исключить наличие горючих материалов. Изоляционные материалы в виде плит типа ПВХ, ПСБ-С, ППУ и других наклеивают на стальную основу различными клеями, большая часть которых относится к горючим материалам. Изоляционные материалы типа капронового волокна, штапельного стекловолокна, минераловатные имеют, как правило, механическое крепление.

В качестве зашивки применяют такие горючие материалы, как доски, фанера, древесностружечные и столярные плиты. В качестве отделки используют краски, лаки и эмали, раз-

личные павинолы и декоративные пленки, слоистые пластики. Из аналогичных материалов изготовляют судовую мебель [3].

В качестве несущих конструктивных элементов во многих случаях применяют стальной и алюминиево-магниевый профиль. Металлическая мебель и оборудование находятся в основном в служебных помещениях.

На судах горючие материалы в довольно большом количестве располагаются в жилых и служебных помещениях по всем поверхностям. Покрытия полов прилегают вплотную к металлической палубе. Зашивка бортов, переборок и подволоки образует вместе с металлической основой воздушные пространства. В них расположены различные коммуникации: трубопроводы, электрокабели, воздуховоды систем вентиляции и др., которые часто способствуют возникновению пожара (вследствие повреждения электросети) или его развитию (воздуховоды). Жилые и служебные помещения размещаются в междупалубных пространствах, высота которых практически постоянна для всех судов и составляет 2,4–2,6 м. Однако отдельные общественные помещения могут иметь большую высоту (кинозалы, рестораны, кают-компании и т.д.) [4].

Все эти особенности судовых помещений, а также то, что эвакуация людей проходит снизу вверх, на открытые и шлюпочные палубы (в этом же направлении движутся в основном и продукты сгорания), создают определенные трудности при борьбе с пожарами.

Анализ данных за период с 2009 по 2019 г. показал, что причинами пожаров в жилых и служебных помещениях судов являются:

– небрежное обращение с огнем – 50 %;
– неисправности или нарушения правил технической эксплуатации электроприборов и оборудования – 20 %;
– нарушение противопожарных правил сварочных работ – 15 %;
– нарушение правил технической эксплуатации механизмов – 2 %.

Очевидно, что полностью исключить указанные причины пожаров практически невозможно вследствие элемента небрежности людей. Поэтому, наряду с усилением дисциплины и противопожарной профилактики, необходимо стремиться к ограничению применения горючих материалов на судах и повышению эффективности средств автоматического обнаружения и тушения пожара.

В машинных помещениях к факторам пожарной опасности следует отнести наличие жидкого топлива, смазочных масел, используемых при эксплуатации двигателей, котлов и механизмов. Последние, как правило, являются и источниками воспламенения горючих жидкостей [5].

В результате анализа пожаров в машинно-котельных отделениях судов установлены следующие основные причины пожаров:

– воспламенение и самовоспламенение топлива от нагретых поверхностей и открытого пламени – 30 %;
– неисправность электросети и перегрузка фидеров главных распределительных щитов (ГРЩ) – 24 %;
– неисправность котлов и выхлопного тракта двигателей – 17 %;
– нарушение правил технической эксплуатации энергетических установок – 18 %;
– огневые работы – 12 %.

Утечки топлива, которые приводят к пожарам, возникают в основном вследствие повреждения измерительных устройств топливных цистерн, топливных трубопроводов или отдельных соединений, нарушения герметичности цистерн из-за неисправностей

в наполняющей или переливной системах. Особенно опасны утечки из труб, находящихся под давлением, когда образуется топливный туман, который, соприкасаясь с нагретыми поверхностями в самых непредвиденных местах, воспламеняется, что приводит к возникновению пожаров в большей части объема помещения.

Источниками воспламенения являются прежде всего неизолированные части газовыхлопных труб и паропроводов (фланцы, компенсаторы, коллекторы и др.). Утечки в районе топочного устройства приводят обычно к пожару, а утечки топлива в холодный котел – ко взрывам и пожарам. В этом отношении наиболее опасны вспомогательные котлы, у которых нет постоянной вахты, и ненадежны автоматические средства отключения подачи топлива при срыве пламени, контроля содержания паров топлива в топке и дымоходах. Пожары возникают в результате самовоспламенения топлива, пропитавшего изоляцию газовыхлопных труб, попавшего на перегретые части подшипников, на электрооборудование и т.п., а также вследствие неисправности выхлопного тракта двигателей. Пожароопасные также работы с использованием легковоспламеняющихся жидкостей, которые иногда применяют для промывки, чистки, расконсервации деталей в МКО.

Согласно требованиям Регистра России, температура вспышки всех сортов топлива, используемых в судовых энергетических установках, должна быть не ниже 60 °С. В исключительных случаях для работы быстроходных двигателей используют дизельное топливо с температурой вспышки 38–48 °С. При этом принимают дополнительные меры обеспечения безопасной эксплуатации (охлаждают).

Выхлопные газы вентилируют (в машинном отделении устанавливают средства тушения и др.), однако следует иметь в виду, что любая горючая жидкость с температурой вспышки выше 60 °С может стать легковоспламеняющейся при нагревании сверх определенной температуры.

Пожары при проведении огневых работ возникают, как правило, при нахождении судов в ремонте, когда сложно обеспечить меры безопасности и почти всегда есть пролитое топливо, масло или их следы.

Безусловно, основным фактором пожарной опасности наливных отсеков и судов в целом является наличие в них горючих жидкостей различного класса или их паров. Основные показатели пожарной опасности наиболее распространенных в России сортов нефти и нефтепродуктов, перевозимых на танкерах, приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Характеристики пожарной опасности топлива

Топливо	Плотность, кг/м^3	Температура, °С		Пределы воспламенения, °С	
		вспышки	самовоспламенения	нижний	верхний
Дизельное ДА (арктическая)	847,1	64	330	57	105
ДЗ (зимнее)	831	48	240	69	119
ДЛ (летнее)	849	65	–	–	–
ДС (специальное)	844	92	345	76	115
Моторное					
ДТ-1	916,8	110	370	99	137
ДТ-2	921,2	110	350	91	155

Таблица 2

Характеристики пожарной опасности мазута

Топливо	Плотность, кг/м^3	Температура, °С		Пределы воспламенения, °С	
		вспышки	самовоспламенения	нижний	верхний
Флотский 12	929,5	158	390	106	133
– " – 20	935,0	128	385	124	145
– " – 40	948,8	140	380	138	145
– " – 80	957,2	145	420	143	170

Как показали контрольные замеры на нескольких судах с кувейтской нефтью, пары в танках содержат 8–24 % воздуха, 10 % метана, 14–18 % этана, 27–36 % пропана, 14–17 % бутана, 6–8 % пентана, 1–4 % гексана. Пары нефти других сортов близки к указанному по составу: в них входят в основном пропан, бутан и воздух.

При наличии большого количества такого груза борьба с возникшим пожаром часто становится чрезвычайно сложной или даже бесполезной. Поэтому особое внимание следует уделять профилактике пожаров, с учетом их причин и опыта борьбы [5].

Анализ пожаров на танкерах показывает, что основными причинами их возникновения можно считать:

– столкновения судов, идущих с грузом, в балласте или полубалластированными (при столкновении танкеров, груженных нефтепродуктами, пожары возникают как на судне, так и на поверхности воды; при столкновении судов с пустыми, полубалластированными и даже балластированными танками происходят взрывы);
– образование искр при падении магниевых протекторов в пустые танки и при работе моющих машин;
– образование искр при работе электрооборудования в не грузовых помещениях, загазованных при погрузке или дегазации;
– нарушение правил обращения с открытым огнем;
– разряд статического электричества, попадание искр из газовыхлопных труб танкеров или обслуживающих судов.

Следует отметить, что возникновение взрыва или пожара зависит от загазованности помещений, путей распространения газа и наличия одновременно взрывоопасных концентраций и источников воспламенения, направленности взрывов и т.д. Все это затрудняет исследование причин пожаров на нефтеналивных судах, поэтому они часто остаются не установленными.

Одной из возможных причин, которые трудно зафиксировать, является разряд статического электричества. В настоящее время установлено, что чаще всего электризуются чистые летучие нефтепродукты, такие как бензин, лигроин и др. Величина электрических, зарядов зависит от длины трубопровода, шероховатости его стенок, скорости движения жидкости, количества примесей в ней, вязкости, содержания воды. Темные нефтепродукты электризуются хуже.

Причинами пожаров могут быть искры, образующиеся при обрыве и падении протекторов (анодов) антикоррозионной защиты конструкций танков [6].

В результате исследований было установлено, что магниевые протекторы (в их составе около 90 % магния) при соударении со сталью (даже омываемой морской водой) способны высекать искры, от которых воспламеняются пары бензина.

Взрывы и пожары в танках во многих случаях можно предотвратить, применяя системы газового анализа и автоматической сигнализации о взрывоопасной концентрации паров нефтепродуктов

Основным фактором пожарной опасности сухогрузных трюмов является наличие большого количества материалов (груза; изоляции в рефрижераторных трюмах) различной степени горючести. Наиболее пожароопасными грузами следует считать хлопок, кудель и т.п., а также изоляцию, выполненную из пенополистирола, поливинилхлорида и волокнистых минераловатных плит с высоким содержанием горючего связующего (более 6 %). Последние обладают способностью к длительному скрытому тлению [7].

Другим фактором, способствующим развитию пожара, является наличие большого количества воздуха в объеме трюма при ограниченном газообмене в целом. В таких условиях горение протекает в основном в режиме тления при высокой степени задымления трюма. Даже при локальном горении это часто ведет к порче практически всего груза в трюме. При сравнительно быстром обнаружении пожаров ликвидация их осложняется ограниченным доступом к очагу горения вследствие высокой плотности укладки груза, сильного задымления и высоких температур.

Основными причинами возникновения пожаров являются:

1. Небрежное обращение с огнем в процессе погрузки или разгрузки;
2. Тепловое, химическое или биологическое самовозгорание грузов;
3. Огневые работы в период ремонта (в основном в рефрижераторных трюмах).

Таким образом, пожарная безопасность на морских судах является чрезвычайно важно, так как суда являются автономными, их помещения с разной степенью пожарной опасности располагаются рядом, в их конструкциях есть горючие материалы, а помещениях есть источники зажигания, пути эвакуации ограничены. Перечисленные факторы, повышают пожарную опасность судов. В связи с этим вопросы обеспечения безопасности экипажа при авариях или и пожаров судах является особенно актуальным и требует профилактических мероприятии по соблюдению пожарной безопасности на судах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г.
2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ, изд.: в 2 кн. / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Кн. V. М.: Химия, 1990.
3. *Востряков В.И. и др.* Борьба с пожарами на судах. Справочное пособие в 2 томах. Т. 2. Л.: Судостроение. 1976.
4. Товарные нефтепродукты, свойства и применение. Справочник. М.: Химия, 1978. 472 с.
5. *Демидов П.Г., Саушев В.С.* Горение и свойства горючих веществ: Учебное пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1975.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
7. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

А.Ш. Мамедов

Московский областной филиал
Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru

Ежегодно в резервуарных парках стран мира происходит более 1500 пожаров. Исследуя пожары на предприятиях нефтяной, нефтеперерабатывающей промышленности и системы нефтепродуктообеспечения, можно сделать анализ о том, что наибольшая доля пожаров зафиксирована на распределительных нефтебазах – 47,7 %, 28,4 % – на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), 14,2 % – на нефтепромыслах и 9,7 % пожаров – в системе транспорта нефти.

Статистика свидетельствует, что на наземных резервуарах произошло 93,4 % пожаров и аварий. Они распределяются следующим образом: 32,1 % – на резервуарах с сырой нефтью; 53,9 % – на резервуарах с бензином и 14 % – на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин и др.).

Зарубежные и отечественные статистические данные свидетельствуют о слабой устойчивости резервуаров с нефтью и нефтепродуктами при тепловом воздействии и взрывах, а также большой сложности их тушения. Кроме того, в зарубежных материалах отмечается тенденция к повышению пожарной опасности таких объектов с увеличением единичной вместимости резервуаров.

Широкое использование во многих странах получили резервуары большой вместимости с плавающей крышей, имеющие более высокий уровень безопасности. Однако на них также случаются пожары. Большие объёмы хранимого в резервуарах продукта и возрастание его стоимости влечёт за собой значительное увеличение материального ущерба в случае пожара [1].

Анализ крупных пожаров в резервуарных парках нашей страны, позволил выявить некоторые закономерности их возникновения и развития.

Из проведённого анализа следует, что пожары в резервуарных парках составляют около 12 % от всех пожаров и загораний на нефтебазах и 35 % от крупных пожаров и пожаров с тяжёлыми последствиями, происшедших на нефтебазах.

В связи с этим возникает необходимость предупреждения в первую очередь именно крупных пожаров. Пожары в резервуарных парках, как правило, бывают продолжительными по времени, требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации, часто сопровождаются гибелью людей и наносят большой ущерб [2].

Так, в результате взрыва на центральном товарном парке НГДУ «Нижневартовскнефть» погибло 12 человек. При проведении сварочных работ на РВС-3000 в мазутном хозяйстве ТЭЦ Уваровского химзавода Тамбовской области произошёл взрыв. Погибло 6 человек. По этой же причине произошёл взрыв в двух подземных резервуарах Староликеевской НПС Горьковской области, погибло три человека.

По данным проведенного анализа пожары в резервуарных парках по времени возникновения в течение года распределяются следующим образом:

– в I и IV кварталах (осеннее-зимний период) – до 15 %;
– во II и III кварталах (весеннее-летний период) – около 85 %.

Распределение количества пожаров в резервуарных парках по кварталам года показано на рисунке 1.

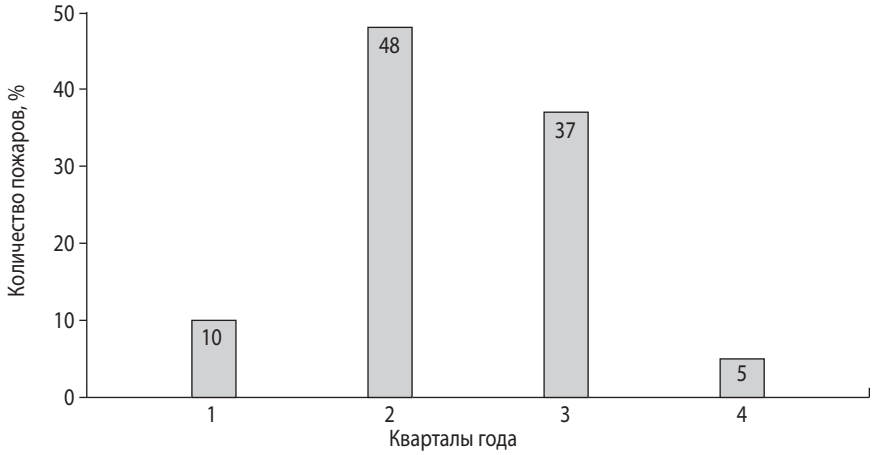


Рис. 1. Распределение количества пожаров в резервуарах по кварталам года

Такое распределение пожаров объясняется тем, что в весенне-летний период более высокая температура окружающего воздуха, вследствие чего более часто, по сравнению с осенне-зимним периодом, образуются взрывоопасные смеси паров нефтепродуктов с воздухом как внутри резервуаров, так и на территории резервуарных парков [3].

Основная масса пожаров в резервуарных парках возникает в рабочее время. Это связано пребыванием людей на территории парков и проведением различных технологических операций (закачка, опорожнение резервуаров, отбор проб, заправка автоцистерн и т.д.) Во время проведения технологических операций возникает около 50 % от общего количества пожаров.

Наиболее распространенной причиной возникновения пожаров во время проведения технологических операций является взрыв паровоздушной смеси на территории резервуарного парка, образующейся в результате больших дыханий, перелива нефтепродукта, при компаундировании нефтепродуктов [4]. По этой причине возникает до 75 % пожаров от числа возникших при проведении технологических операций, или 35 % от общего числа пожаров. По этой причине возникли пожары на товарном парке НГДУ Нижневартовска Тюменской области, в парке мерников Бакинского НПЗ и другие.

Значительное количество пожаров возникает при подготовке и проведении ремонта резервуаров (рис. 2). Их количество достигает 25 % от общего числа пожаров. Эти пожары часто сопровождаются гибелью людей.

Причиной пожаров при проведении ремонтных работ чаще всего является нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ. Всего по вине людей возникает около 29 % пожаров от их общего числа и около 71 % пожаров возникает по техническим причинам [5].

Наиболее частыми техническими причинами возникновения пожаров являются неправильный подбор электрооборудования (взрыв паровоздушной смеси на терри-

тории резервуарного парка) и неисправность уровнемеров (перелив нефтепродукта). Имели место пожары, возникающие в результате прямого удара молнии. По этой причине возникли пожары в подземных резервуарных парках в городах Рязани и Ангарска, в товарном парке пос. Торгили Тюменской области в РВС-20000, который полностью уничтожен огнём.

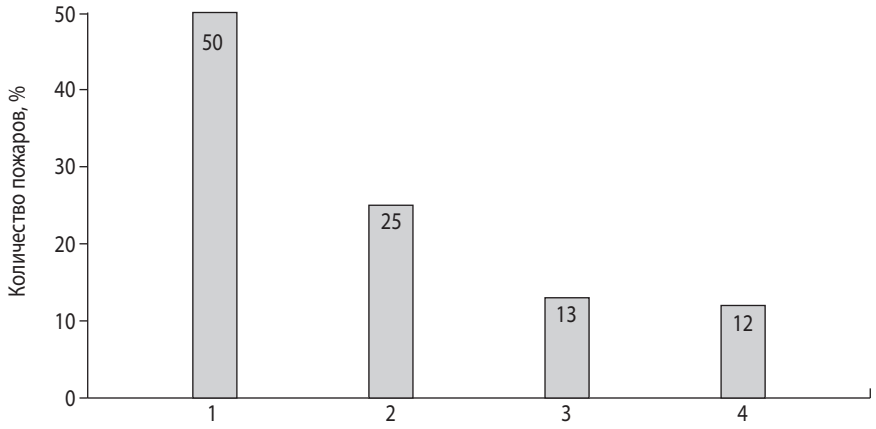


Рис. 2. Возникновение, развитие пожаров:
1 – в момент проведения технологических операций на резервуаре;
2 – в момент подготовки и проведения ремонта резервуара;
3 – в нерабочее время от грозовых разрядов, статического электричества;
4 – в рабочее время от других причин

Практика показала, что чем больше объём резервуара, в котором происходит пожар, тем больше время, а также пожарных подразделений и огнетушащих средств требуется для ликвидации горения.

Распределение количества пожаров в зависимости от ёмкости резервуара показано на рисунке 3.

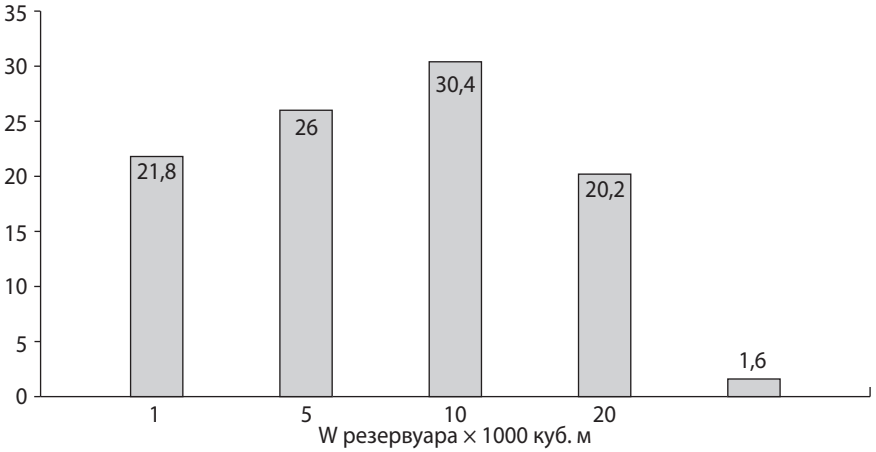


Рис. 3. Распределение количества пожаров в резервуарах в зависимости от их емкости

По статистике 45 % пожаров происходит в резервуарах со стационарными крышами, 25 % в резервуарах с плавающими крышами, 20 % в резервуарах с понтоном, что отражено на рисунке 4.

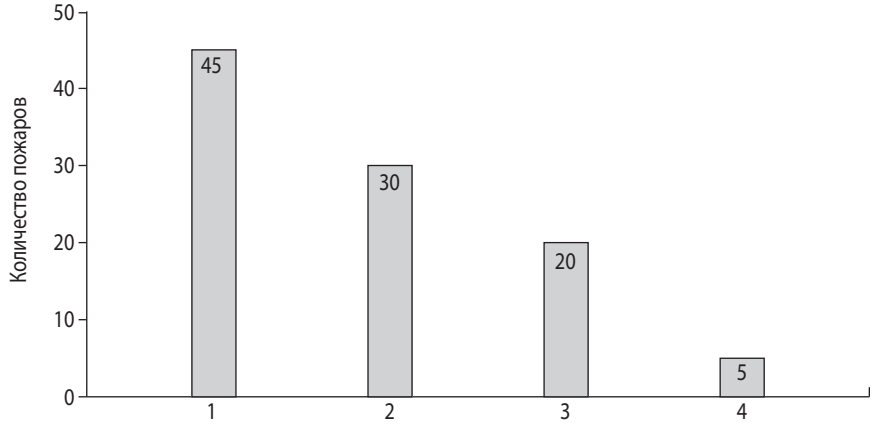


Рис. 4. Возникновение пожаров в резервуарах различной конструкции:
1 – со стационарной крышей; 2 – с плавающей крышей; 3 – с понтоном; 4 – не установлен

Таким образом, в зависимости от силы взрыва и конструкции резервуара может быть следующая обстановка:

а) крыша сорвана полностью и отброшена на 10–30 м от резервуара ($Р_{взв.}$ = 7–10 атм.). По всей площади жидкости в резервуаре происходит горение;
б) крыша частично или полностью сорвана силой взрыва и находится в полупогруженном состоянии, нефтепродукт в резервуаре горит;
в) при слабом взрыве крыша деформируется, и образуются небольшие щели в местах крепления к стене резервуара или уплотнительных затворов, откуда происходит факельное горение паров хранящейся жидкости;
г) понтон затоплен полностью и вся поверхность жидкости в резервуаре охвачена огнём, горение под понтоном;
д) понтон частично затоплен и перекошен, образовался большой «карман», происходит горение жидкости с открытой поверхности и в «кармане».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В.А., Бобрицкий Н.В.* Сооружение резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. М. Недра, 1981. 192 с.
2. *Абдурагимов И.М. и др.* Физико-химические основы развития тушения пожаров. М.: Стройиздат, 1987.
3. *Волков О.М.* Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. М.: Недра, 1984. 151 с.
4. Огневые опыты по исследованию процессов горения и тушения нефтепродуктов в резервуарах с понтоном и плавающей крышей (Протоколы опытов). Баку, 1974–1976.
5. Тушение пожаров в нефтеналивных резервуарах // Sanki Mon. 1977. № 298. P. 43–62.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОПУТСТВУЮЩИМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА (ПАВ) И ПОДБОРУ В КАЧЕСТВЕ СОБИРАТЕЛЯ НЕФТИ

А.Ш. Мамедов

Московский областной филиал
Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru

Наиболее практичным методом очистки поверхности воды от тонкой пленочной нефти является обработка загрязненной поверхности воды специальными поверхностно-активными веществами (ПАВ) – собирателями нефти, которые при контакте с пленкой нефти способны локализовать ее в меньшую площадь. Основными требованиями, предъявляемыми к ПАВ, входящим в состав собирателей, являются следующие: ПАВ должны быть жидкими, не растворимыми в воде, с меньшей, чем у воды, плотностью, солестойкими, поверхностное давление у них должно быть не менее 35 дин/см [1]. В работе [2] исследована очистка поверхности воды от пленочной нефти в зависимости от величины поверхностного давления применяемых технических неионогенных ПАВ (НПАВ) типа оксиэтилированных жирных спиртов и кислот, алкил фосфатов, а также жирных спиртов фракции C_{12-18}. Нами установлено, что собиратели на основе НПАВ типа C_{10-14} ЕО3 (сокращенная условная формула триоксиэтильных эфиров жирных спиртов фракции C_{10-14}, а также жирных спиртов фракции C_{12-18}) не уступают импортным, в частности, японским реагентам по эффективности очистки поверхности воды от пленочной нефти. Однако следует отметить, что молекулы из мономолекулярного слоя, который образуется на водной поверхности при нанесении собирателя, переходит в массу воды, в результате чего теряется локализационная способность препарата, и утолщенная пленочная нефть вновь растекается по поверхности воды. Жирные спирты фракции C_{12-18} являются твердыми веществами, а их растворитель – этиловый спирт – является водорастворимым, поэтому при нанесении такой смеси на загрязненную поверхность воды этиловый спирт переходит в массу воды, а остаток раствора, образуя твердую пленку, не может растекаться по большому радиусу. Кроме того, твердая пленка на поверхности водоема препятствует нормальному теплообмену между атмосферой и водяной акваторией, а также поступлению атмосферного кислорода в массу воды. Новое «поколение» собирателей нефти кроме ПАВ содержит также и сопутствующие ПАВ, способные задерживать растворение ПАВ в воде [3]. В опубликованной литературе отсутствуют данные о коллоидно-химических исследованиях конкретных ПАВ, пользуясь которыми можно было бы обосновать подбор ПАВ в качестве собирателя нефти; отсутствуют также данные о требованиях к со-ПАВ, без которых невозможно дальнейшее улучшение качественных показателей собирателей нефти. Для исследования коллоидно-химических свойств водных растворов ПАВ мы использовали хроматографически чистые индивидуальные оксиэтилированные эфиры Н-децилового спирта, выделенные из смеси методом колоночной препаративной

хроматографии [4], исходя из изотерм поверхностного натяжения водных растворов индивидуальных оксиэтильных эфиров.

Каждый использованный метод определения плотности и молярных объемов индивидуальных ПАВ исходит из строения молекул, поэтому должна существовать взаимосвязь между строением ПАВ и их плотностями.

Эксперименты проводились при следующих условиях:

1) нефть месторождения «Нефтяные камни»;
2) толщина пленочной нефти 0,03 мм;
3) расход ПАВ к разлитой нефти составляет 1 : 8 (массовое соотношение);
4) после обработки пленки собирателем нефти сокращенную площадь измеряли через 5, 150, 600, 1440 и 2880 мин.

Отношение первоначальной площади к полученной площади загрязнения ($К_5$, $К_{150}$, $К_{600}$, $К_{1440}$, $К_{2880}$) служит критерием собирательной способности препарата собирателя.

Зависимость показателей по величине кратности сокращения пленочной нефти от поверхностного давления индивидуальных ПАВ (из смеси двух близких гомологов) типа окси этилированных эфиров Н-децилового спирта

Это можно объяснить тем, что $С_{10}ЕО3$ является более нефтерастворимым, чем водорастворимым, поэтому со временем $С_{10}ЕО3$ переходит в нефтяную фазу и далее не препятствует растеканию нефти. Возникает, следовательно, необходимость введения второго компонента в состав собирателя, который должен сдерживать растворимость ПАВ в нефти, а также и в воде. Некоторые авторы [3] предпочитают использовать в качестве со-ПАВ масло. Нами были исследованы три типа веществ в качестве со-ПАВ:

1) жидкие алифатические спирты фракции $С_{2\text{-}9}$;
2) нафтеновые кислоты;
3) олеиновая кислота.

Эффективное соотношение между ПАВ и со-ПАВ обнаруживалась при массовых соотношениях 2,5:1. Исследование собирательных свойств различных спиртов с $С_{10}ЕО3$ показало, что алифатические спирты с числом углеродных атомов в молекуле 6–9 проявляют относительно высокую эффективность при длительной (до 2 суток) локализации пленочной нефти на поверхности воды.

Собиратели на основе ПАВ типа $С_{10}ЕО3$ и включающие со-ПАВ типа алифатических спиртов нафтеновых кислот и олеиновой кислоты условно обозначены УПН-1, УПН-2 и УПН-3. Сравнительные данные собирателей УПН- 1, УПН-2 и УПН-3, а также собирателя Corexit OC-5, разработанного в США, по эффективности локализации пленочной нефти на меньшую площадь. Как следует из этих данных, УПН-2 и УПН-3, в отличие от УПН-1 и Corexit OC-5, обладают высокой продолжительной локализационной способностью (до 20 суток) по отношению к пленочной нефти на поверхности воды. Такое преимущество органических кислот против спиртов может объясняться тем, что молекулы кислот являются менее летучими и способны также образовать водородную связь с двумя атомами кислорода. Таким образом создается возможность образования водородной связи одновременно между со ПАВ воды, а также между со-ПАВ и ПАВ, что приводит к значительному сдерживанию растворения ПАВ в воде. Притягивание молекул ПАВ и со-ПАВ обусловлено также высоким дисперсионным взаимодействием между ними. Для этого алкильный радикал молекул со ПАВ по длине должен быть не меньше, чем алкильный радикал ПАВ. С этой позиции олеиновая кислота является необходимым компонентом в качестве со ПАВ. Одним из требований, предъявляемых к со-ПАВ,

является то, что их поверхностное давление не должно быть меньше поверхностного давления (29 дин/см) разлитой нефти. В противном случае может произойти снижение эффективности препарата собирателя. Поверхностное давление для нафтеновых кислот и олеиновой кислоты составляет соответственно 31 и 32 мДж/м^2 значения величины кратности сокращения площади нефтяного загрязнения для собирателей нефти типов УПН-1, УПН-2 и УПН-3 и Corexit OC-5

В таблице 1 приведены сравнительные данные по эффективности препаратов собирателей УПН-1, УПН-2 и УПН-3и Corexit OC-5. Данные таблицы являются подтверждением того факта, что собиратели являются эффективными для пленок нефти толщиной менее 0,1 мм. В результате вышеизложенного сформулированы основные требования к со-ПАВ, входящим в состав собирателей нефти:

1) со-ПАВ должны быть жидкими;
2) водорастворимость их должна быть на несколько порядков ниже, чем водорастворимость ПАВ;
3) со-ПАВ должны обладать меньшей, чем у воды, плотностью;
4) должны быть практически нелетучими;
5) поверхностное давление для со-ПАВ должно быть не меньше поверхностного давления разлитой нефти (29 дин/см);
6) молекулы со-ПАВ должны обладать возможностью образовывать водородную связь;
7) длина алкильного радикала со ПАВ должна быть не меньше длины алкильного радикала ПАВ.

Таблица 1

Толщина пленочной нефти, мм	**Кратность сокращения площади нефтяного загрязнения собирателями**			
	УПН-1	**УПН-2**	**УПН-3**	**Corexit OC-5**
0,01	141	143	147	156
0,02	83	83	88	93
0,03	76	78	80	86
0,05	31	35	37	41
0,1	9	10	10	14

Таким образом, сравнительные данные по величине кратности сокращения площади нефтяного загрязнения в зависимости от толщины пленок нефти на водной поверхности с применением собирателей нефти. собирательным свойствам не только близки к таким известным препаратам, как, например, Corexit OC-5, но и обладают (УПН-2 и УПН-3) преимуществом по продолжительности локализационной способности утолщенной пленочной нефти по поверхности воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамзон А.А., Мурашев И.А., Семанов Г.Н.* Требования к поверхностно-активным веществам (ПАВ) – собирателям нефти // Журнал прикладной химии. 1980. 53. № 6. С. 1253–1256.
2. *Нестерова М.П., Ануфриева Н.М., Левина Р.М.* Исследование химических веществ, сдерживающих растекание нефти на поверхности водоема // Водные ресурсы, 1981. № 1. С. 156–163.
3. *Мурашов И.А., Шокин В.В, Семанов Б.И.* Состав для очистки поверхности воды от нефтяных и масляных загрязнений Патент № 966106 (СССР). 1982. № 38.
4. *Дашдиев Р.А., Кофанов В.И.* Светопоглощение окрашенных комплексов индивидуальных монодециловых эфиров полиэтиленгликоля в растворе и на тонком слое силикагеля // Химия и технология воды. 1980. № 2. С. 133–137.
5. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1981. С. 304.

ПУТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОНОВЫХ ЗАГРАЖДЕНИЙ

А.Ш. Мамедов

Московский областной филиал
Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru

Одной из глобальных проблем в мире является проблема загрязнения морей. Целью экологической безопасности и ликвидации разлива нефти на водных объектах является уменьшение ущерба для экологических и социально-экономических ресурсов, сокращая при этом время, необходимое для восстановления этих ресурсов, и обеспечивая приемлемые стандарты очистки.

Основными задачами локализации и ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов на водных объектах являются:

1. Предотвращение дальнейшего сброса нефти и нефтепродуктов;
2. Постановка преград, препятствующих рассеиванию сброшенного вещества и загрязнению уязвимых районов;
3. Отвод разлитого вещества или аварийного объекта в зону, удобную для проведения операций по ликвидации разливов нефти;
4. Сбор разлитого вещества с поверхности воды;
5. Сдача собранных загрязняющих веществ на берег;
6. Ликвидация разлива с помощью физических и химических методов.

Основными способами ликвидации аварийных разливов являются:

1. Механическое удаление плавающей нефти с поверхности водных объектов;
2. Сжигание плавающей нефти; обработка нефтяного пятна диспергентами.

Выбор способа локализации и ликвидации разлива производится исходя из условий разлива и реальных возможностей, определяющихся имеющимися силами и средствами, а также местными условиями, связанными с разрешением использования сжигания, диспергаторов для защиты районов высокой экологической ценности. Технологии и специальные технические средства, применяемые для локализации разливов нефти на воде, должны обеспечивать свое оперативное использование, а также надежное удержание нефтяного пятна в минимально возможных границах.

Для сбора нефти на водных объектах механическими способами применяются:

– стационарный сбор нефти, при котором применяют боны и нефтесборщики для локализации и удаления нефтяных пятен.
– передвижной способ сбора нефти, при котором применяются забортные скиммеры, при этом другие скиммеры размещаются в контактной подвеске буксируемого двумя судами бонового заграждения U-, V- или J-образной конфигурации. Схемы развертывания оборудования приведены на рисунке 1.

Рис. 1. Схемы развертывания боновых заграждений

В дополнение к скиммерам и бонам применяются вспомогательные средства:

1. Рабочие платформы для разворачивания, управления и извлечения скиммеров и бонов;
2. Емкости для хранения собранных жидкостей и твердых веществ;
3. Насосы для перекачивания собранной жидкости в хранилище; устройства для транспортировки и (или) удаления;
4. Воздушное судно для выполнения мониторинга;
5. Суда обеспечения безопасности;
6. Оборудование для защиты и очистки побережья;
7. Дополнительное оборудование (шланги, прокладки, разъемы, адаптеры и т.д.).

На рисунке 2 отображены одни из возможных схем локализации нефтяного пятна с помощью бонового заграждения в море и у берега.

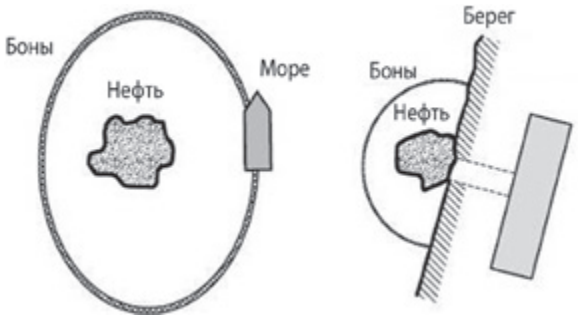


Рис. 2. Схемы локализации нефтяных пятен с помощью бонового заграждения

В ряде случаев пятно нефти локализуется свободно дрейфующими боновыми заграждениями, чтобы на определенное время не допустить его растекания по водной поверхности (рис. 3).

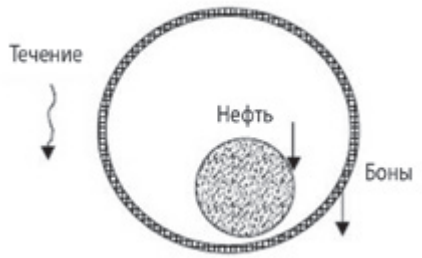


Рис. 3. Свободно дрейфующие боновые заграждения

Длина бонового заграждения выбирается такой, при которой оно может быть легко установлено и эффективно управляемо на участке разлива.

Выбор нефтесборного оборудования и его размеров основывается на расчетном объеме разлитой нефти, ее свойстве и условиях моря. Характеристики различных типов скиммеров приведены в таблице 1.

Таблица 1

Производительность скиммеров

Тип скиммера	Производительность, куб. м/ч, при сборе				
	Дизельное топливо	Сырая легкая нефть	Тяжелая сырая нефть	Мазут М100	Содержание нефти в собранной смеси
Олеофильные скиммеры					
Дисковый, малый	0,4–1	0,2–2			80–95
Дисковый, большой		10–20	10–50		80–95
Щеточный	0,2–0,8	0,5–100	0,5–20	0,5–20	80–95
Цилиндровый, большой		10–30			80–95
Цилиндровый, малый	0,5–5	0,5–5			80–95
Тросовый		2–20	2–10		75–95
Пороговые скиммеры					
Пороговый, малый	0,2–10	0,6–5	2–10		20–80
Пороговый, большой		30–100	5–10	3–5	50–90
Передвижной	1–10	5–30	5–25		30–70

Скорость сбора воды с нефтью определяется типом нефти, площадью поверхности и толщиной пятна, производительностью скиммеров.

Боновые заграждения применяются для увеличения ширины трала, скорость сбора составляет 0,5–1,0 узел.

Применение судов-нефтесборщиков эффективно при малом волнении моря (высота волн до 2 м).

Диспергенты особенно эффективны, если с момента разлива нефти прошло не более 72 часов и температура окружающей среды выше 5 °С. Диспергенты не рекомендуется применять на мелководье на глубинах менее 10 м.

Диспергаторы необходимо применять быстро и точно. Они могут наноситься с судов, вертолетов и самолетов, при этом распыление с самолета представляет наилучший метод при больших разливах нефти.

Применение диспергентов с воздуха позволяет распылять их в штормовую погоду, когда невозможно использование средств механического сбора нефти.

Сильное волнение моря способствует быстрому перемешиванию и разбавлению диспергированной нефти.

При ликвидации нефтяных загрязнений водной поверхности прежде всего производят локализацию разлившейся нефти или нефтепродуктов бонами, что является обязательным при любой технологии очистки. Затем производят нанесение сорбента на загрязненную поверхность любым механизированным или ручным способом до полного поглощения нефтяной пленки и образования плавучего конгломерата. После этого производят стяги-

вание бонового заграждения, концентрируя сорбент с поглощенной нефтью вблизи места, удобного для сбора, и тем или иным образом удаляют отработанный сорбент с поверхности воды.

Резерв времени для локализации нефтяного разлива без существенного ущерба окружающей среде не должен превышать 24–72 часов с момента аварии. Использование при ликвидации нефтяного загрязнения порошковых сорбентов, сохраняющих плавучесть в течение длительного периода времени, позволяет увеличить резервы времени для проведения подготовительных мероприятий и сбора нефти.

При сборе нефти на воде применяются конструкции сорбционно-заградительных бонов длиной 5 м, состоящие из нетканого сорбента, элемента, обеспечивающего плавучесть, и сетки, придающей конструкции необходимую форму. Боны легко соединяются между собой и образуют заграждения, ограничивающие нефтяное пятно и препятствующие его распространению по поверхности воды или почвы. С помощью бонов огражденное пятно разлива буксируется к урезу воды и концентрируется для последующего сбора, одновременно сорбируя нефть.

Биосорбент может применяться как автономно, так и в сочетании с традиционными средствами механического сбора. Распыление биосорбенотов с судов ограничивается погодными условиями. Применение биосорбентов с помощью авиации позволяет начинать ликвидацию аварии при ветре до 25 м/сек, т.е. немедленно после разлива даже в штормовых условиях.

Тактика проведения аварийно-восстановительных работ и технология применения биосорбентов с использованием вертолета показаны на рисунке 4.

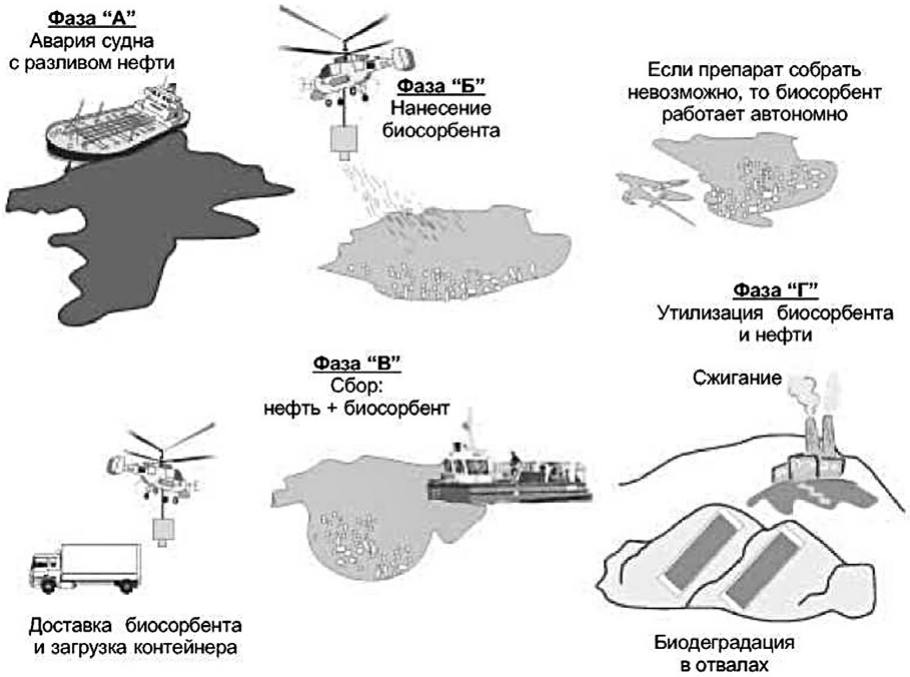


Рис. 4. Тактика и технология применения биосорбента при разливе нефти

Таким образом, для осуществления контролируемого сжигания разлитой нефти первоначально производятся аварийно-восстановительные работы по локализации нефтяного

разлива, утолщение слоя нефти (до нескольких сантиметров) с целью ее последующего поджога и сжигания, с использованием огнеупорных боновых заграждений, вертолетного факела и желеобразного газолина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мартынюк В.Ф., Прусенко Б.Е.* Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие для вузов. М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. 336 с.
2. *Золотарев В.А., Соколов А.М., Янович М.В.* Нефть и безопасность России. Российская академия наук, Институт проблем международной безопасности. М.: Оружие и технологии, 2007. 355 с.
3. *Вылкован А.И., Венцюлис Л.С., Зайцев В.М., Филатов В.Д.* Современные методы и средства борьбы с разливами нефти: Научно-практическое пособие. СПб.: Центр-Техинформ, 2000. 75 с.
4. *Маценко С.В.* Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов на море ивнутренних акваториях. Расчет достаточности сил и средств. Методические рекомендации. ФГОУ ВПО, 2009. 92с.
5. *Альхименко А.И.* Аварийные разливы нефти в море и борьба с ними. М., 2004.

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОСЕДАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП МАКРООБРАСТАТЕЛЕЙ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПЛАСТИНЫ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД

Н.И. Булышева[1], Е.А. Варченко[2], Д.А. Мовенко[3]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Геленджикский центр климатических испытаний им. Г.В. Акимова ВИАМ, г. Геленджик
[3]Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, г. Москва
bulysheva@ssc-ras.ru

Организмы-обрастатели играют важную роль в формировании биоразнообразия и поддержании высокой продуктивности прибрежных экосистем, в самоочищении вод, а также являются источником биологически активных веществ и морепродуктов [Раилкин, 2008]. Отдельные группы обрастателей могут быть использованы в качестве биомаркеров загрязнения морских экосистем тяжелыми металлами [Капков, Беленикина, 2003]. Вместе с тем обрастания оказывают неблагоприятное влияние на эксплуатацию водного транспорта и гидротехнических сооружений. Практика эксплуатации изделий, конструкций и сооружений в водоемах показывает, что скорость коррозии материалов возрастает в десятки и сотни раз, если в эти процессы включаются организмы-обрастатели.

Согласно схеме Б.Т. Шира [Scheer, 1945], ставшей классической, обрастания поверхности, погруженной в воду начинается с формирования на ней бактериальной пленки, на которую на второй стадии сукцессии оседают быстро растущие, а на третьей – медленно растущие макрообрастели [Раилкин, 1998]. В большинстве работ, посвященных изучению динамики организмов-обрастателей, показано, что сукцессия макрообрастания – закономерный процесс, а ее конечная стадия, характеризующаяся стабильным видовым и численным составом, достигается в течение одного или нескольких лет. Однако в прибрежных сообществах климакс кратковременный и заканчивается разрушением сообществ под воздействием различных природных явлений (шторма, вымерзание в зимний период и т.д.) [Раилкин и др., 2004].

Цель исследований – оценка сезонной динамики оседания организмов макрозообентоса на экспериментальные пластины в эстуарной зоне.

Наиболее распространенным методом изучения процесса формирования сообществ обрастания являются стендовые испытания с использованием экспериментальных пластин. Начиная с 2018 г. ЮНЦ РАН совместно с ГЦКИ ВИАМ в дельте Дона проводят натурные испытания коррозионной стойкости металлов и сплавов под воздействием климатических и биологических факторов. Одной из ключевых задач таких исследований является определение динамики оседания организмов-обрастателей на экспериментальные пластины. 19 декабря 2018 г. в районе стационаров ЮНЦ РАН – БНЭБ «Кагальник» (станция 1, протока Свиное Гирло) и гидрометеопоста «Донской» (станция 2, рукав Старый Дон) – на глубине 2 м были установлены серии экспериментальных пластин площадью 15×15 см, изготовленных из алюминиевых сплавов марок АМг6 и Д16 и углеродистых сталей марок 30ХГСА и Ст3. В качестве контрольных образцов, не склонных к обрастанию, использовались пластины из органического стекла марки АО-120 (нейтральный материал). Схема расположения станций представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Карта-схема расположения станций

Для оценки сезонной динамики оседания гидробионтов на экспериментальные пластины, погруженные в воду, в период с 19.12.2018 по 04.02.2020 серии пластин ежемесячно снимали и заменяли новыми. Пробы оброста обрабатывали в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками [Руководство … 1983].

Ход сукцессии крупных таксономических групп на изолированных от донных осадков антропогенных субстратах подчиняется общей закономерности: в Северном полушарии скорость развития сообществ обрастания максимальна поздней весной, летом и осенью и резко снижается в позднеосенний и зимний периоды [Звягинцев, 2005].

В ходе эксперимента по изучению динамики оседания макрообрастателей отмечен постепенный рост количественных показателей в поздневесенний и летний периоды (рис. 2, 3). В конце апреля – середине мая 2019 г. выявлено некоторое снижение темпов

роста численности макробеспозвоночных, связанное с тем, что в этот период в дельте Дона проходит нерест бычков, поэтому все экспериментальные пластины были покрыты их икрой. Плотность икринок на различных пластинах колебалась от 17 до 38 штук на 1 см^2, организмы макрозообентоса в обросте были единичны. Затем наблюдается резкий скачок численности макробеспозвоночных.

В период с 15 по 26 ноября 2019 г. в реке Дон и Таганрогском заливе был зафиксирован экстремальный сгон. Падение уровня р. Дон на некоторых участках превышало 2 м. Температура воздуха в эти дни опускалась до –11 °С. Экспериментальные установки оказались в зоне падения уровня воды, частично оголились и подвергались воздействию отрицательных температур, поэтому во время следующего съема на 7 из 10 пластин организмы макрозообентоса не были обнаружены.

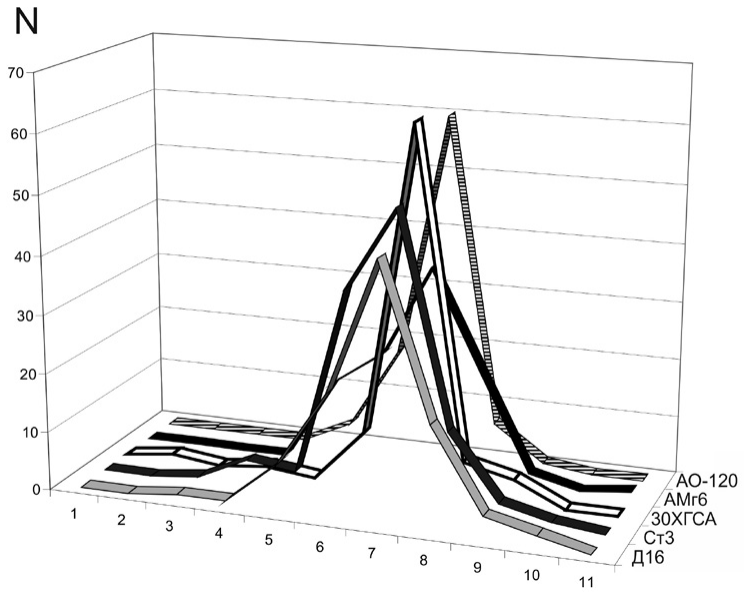


Рис. 2. Сезонная динамика оседания основных групп организмов-макрообрастателей на экспериментальные пластины на станции «Кагальник» (экз./0,023м^2)

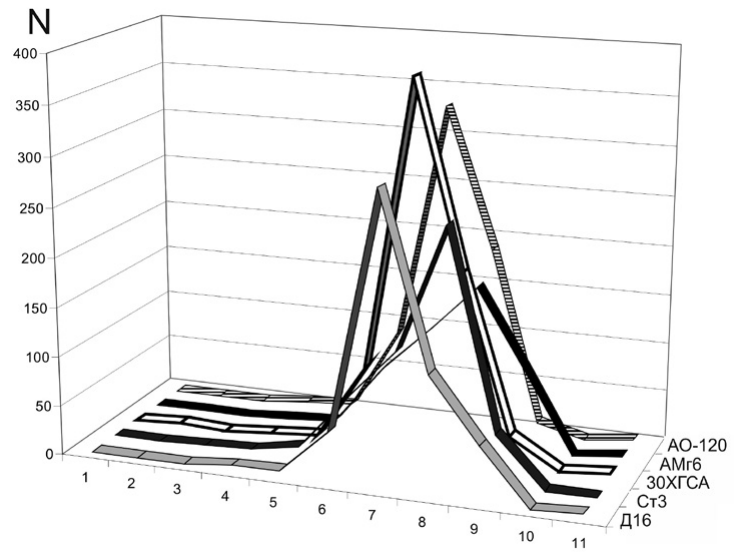


Рис. 3. Сезонная динамика оседания основных групп организмов-макрообрастателей на экспериментальные пластины на станции «Донской» (экз./0,023м^2)

На станции 1 (Кагальник) численность была в 3–7 раз ниже, чем на аналогичных пластинах на станции 2 (Донской), что, вероятно, связано с более неустойчивым гидрологическим режимом, характерным для протоки Свиное Гирло [Матишов и др., 2020].

Для пластин из сплава АМг6 была отмечена наименьшая скорость и интенсивность обрастания как на станции 1, так и на станции 2.

С последней декады мая по октябрь как на станции 1, так и на станции 2 массовыми видами были: Bryozoa – 1 (*Fredericella sultana* (Blumenbach 1779)); Hydrozoa – 1 (*Cordylophora caspia* (Pallas, 1771)); Oligochaeta – 1 (*Tubifex tubifex* (O. F. Müller, 1774)); Hirudinea – 2 (*Piscicola geometra* (Linnaeus, 1761), *Caspiobdella caspica* (Selensky, 1915)); Bivalvia – 1 (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)); Gastropoda – 2 (*Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), *Viviparus viviparous* (Linnaeus, 1758)); Amphipoda – 2 (*Pontogammarus* (*Obesogammarus*) *crassus* (G.O. Sars, 1894), *Corophium volutator* (Pallas, 1766); Insecta – 1 *Chironomus cf. plumosus*.

В составе сообществ макрообрастания месячных пластин были отмечены в основном массовые виды макрозообентоса, характерные для данной акватории.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-29-05078 мк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Звягинцев А.Ю.* Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.
2. *Капков В.И., Беленикина О.А.* Биомаркеры загрязнения морских экосистем тяжелыми металлами // Водные экосистемы и организмы. 2003. Т. 6. С. 68–69.
3. *Матишов Г.Г., Булышева Н.И., Клещенков А.В., Глущенко Г.Ю., Варченко Е.В., Гончаров А.А., Гладких А.В.* Эстуарии Азовского моря – уникальные полигоны для исследования биокоррозии. Опыт постановки эксперимента // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 2. С. 63–75.
4. *Раилкин А.И.* Процессы колонизации и защита от биообрастания. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 272 с.
5. *Раилкин А.И.* Колонизация твердых тел бентосными организмами. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. 428 с.
6. *Раилкин А.И., Усов Н.В., Чикадзе С.З.* Различия в сукцессии бентосных сообществ, обусловленные разной пространственной ориентацией субстратов и гидродинамической активностью вод // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 3. Биология. 2004. № 4. С. 24–30.
7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
8. *Scheer B.T.* The development of marine fouling communities // Biological Bulletin. 1945. Vol. 89. № 2. P. 103–121.

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ МАКРОФИТЫ В ОЧИСТКЕ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Г.М. Воскобойников, С.В. Малавенда, И.В. Рыжик, Д.В. Пуговкин, Д.О. Салахов, М.В. Макаров, М.П. Клиндух, М.В. Митяев

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
grvosk@mail.ru

Получены новые результаты, подтверждающие способность морских водорослей макрофитов, различающихся по строению и систематической принадлежности, к сорбции и деструкции нефтепродуктов, что обуславливает их значимую роль в очистке прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения, создает основу для развития санитарной аквакультуры.

Впервые экспериментально продемонстрирована различная способность к поглощению НП даже у близких видов водорослей. Максимальная способность, выявленная среди доминантных видов обитателей литорали и сублиторали у Saccharina latissima в 60 раз превышает таковую у *Ascophyllum nodosum*.

Определена взаимосвязь изменений состава алканов в тканях водорослей при нефтяном загрязнении среды обитания с температурой среды обитания, расстоянием от источника загрязнения, степенью загрязнения.

Скрининг губ и заливов Баренцева моря показал содержание нефтепродуктов в морской воде, превышающее в 2–5 раз ПДК (0,05 мг/л). Предполагается, что длительное пребывание в среде обитания с относительно небольшим уровнем загрязнения НП обеспечивает становление у водорослей системы адаптаций к нефтяному загрязнению.

Оценка тестирования функционального состояния макроводорослей на загрязнение НП среды обитания выявила, что первой морфологической реакцией на негативное краткосрочное воздействие для всех водорослей является плазмолиз, проявляющийся в разной степени, а при дальнейшем воздействии вакуолизация клетки – сегрегация отдельных участков цитоплазмы. Из физиологических показателей, при содержании НП в воде выше 100 ПДК, практически у всех водорослей наблюдается снижение уровня фотосинтеза. Исследование биохимических показателей определило, что ферменты – каталазу и супероксиддисмутазу – можно применять для оценки воздействия на организм токсиканта только у зеленой водоросли *Ulvaria obscura* и у *Palmaria palmata*, однако у последней водоросли необходимо дополнительно анализировать концентрацию перекиси водорода. Для Fucus vesiculosus данная группа ферментов будет не показательна, для нее необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на выявление путей детоксикации активных форм кислорода.

Выполнена оценка вклада фукусовых водорослей в очистку от дизельного топлива (ДТ) Кольского залива Баренцева моря. В основу расчетов положены результаты: 1) экспедиционных наблюдений последних лет о запасах, распределении и биомассе фукоидов в трех частях залива; 2) лабораторных исследований способности четырех видов фукусов

(*Fucus vesiculosus*, *F. distichus*, *F. serratus*, *Ascophyllum nodosum*) к нейтрализации токсического действия ДТ. Показано, что запасы фукусов в заливе составляют 4720 тонн сырой массы. Выявлено, что при средней фоновой концентрации ДТ 0,2 мг/л поглощающая способность у четырех видов фукуса различается незначительно. При концентрации 6,5 мг/л поглощающая способность максимальна у *F. vesiculosus* и уменьшается в ряду *F. distichus* ≥ *F. serratus* ≥ *A. nodosum*.

Расчеты показали, что имеющиеся в Кольском заливе фукоиды могут сорбировать и преобразовать около 850 кг дизельного топлива за 5 суток в теплое время года (май –сентябрь). По предварительным результатам при продолжении опыта до 15 суток эффективность сорбции НП фукусовыми водорослями возрастает на 20 %.

Итак, имеющиеся заросли фукусовых водорослей Кольского залива являются важным элементом в осуществлении профилактической, повседневной очистки вод залива от нефтепродуктов. Предполагается, что включение в расчеты данных о способности к нейтрализации ДТ у других представителей фитобентоса залива может увеличить роль водорослей-макрофитов в очистке прибрежных морских акваторий от нефтепродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-80058 по программе «Опасные явления».

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО, ЧЁРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ

Е.А. Глазырин

АО «Южморгеология», г. Геленджик
eaglazyrin@mail.ru

В настоящее время государственный мониторинг опасных геологических процессов прибрежно-шельфовой зоны (ПШЗ) Азовского, Чёрного и Каспийского морей выполняется АО «Южморгеология» как государственный мониторинг состояния недр (ГМСН) по линии Роснедра по государственной программе Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов». С 2017 г. мониторинг опасных эндогенных геологических процессов выведен из ГМСН ПШЗ в отдельный вид работ в состав геолого-геофизических работ по прогнозу землетрясений. В современном виде под ГМСН ПШЗ понимается мониторинг опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП), в число которых включены также грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка.

В ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей выделены следующие основные опасные ЭГП – объекты мониторинга (по степени значимости): подводный грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка; литодинамические процессы (продвижение каньонов, обвалы, оползни, мутьевые потоки, миграция литодинамических форм и пр.); загазованность донных отложений; береговые абразионно-гравитационные процессы (оползни, обвалы). Их активизация нередко вызвана эндогеодинамической активностью региона.

Мониторинг ЭГП осуществлялся на 7 пунктах наблюдений (рис. 1): в ПШЗ Азовского моря – на Голубицком, Темрюкском и Тузлинском за проявлением грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки; в ПШЗ Чёрного моря – на Железнорогском пункте за проявлением грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки, на Головинском и Адлерском пунктах – за опасными литодинамическими процессами на фронте продвижения головных частей подводных каньонов соответственно Шахе и Мзымты; в ПШЗ Каспийского моря – на Дербентском пункте за газо-флюидной разгрузкой и литодинамическими процессами. В 2020 г. Дербентский пункт наблюдений заменен на Тюлений пункт наблюдений.

Мониторинг ЭГП выполнялся методами гидролокации бокового обзора с одновременным промером глубин; сейсмоакустического профилирования; гидрогазогеохимического профилирования; подводного видеообследования; отбора колонок грунтов на станциях; лабораторного определения физических и физико-механических свойств, геохимических индикаторов грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки; инженерно-геологического обследования береговой линии.

Ежегодно по результатам ГМСН для ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей составляются:

- пояснительные записки с оценкой региональной активности опасных ЭГП;
- прогнозы активности опасных ЭГП на следующий год;

– комплект цифровых карт, отражающих состояние недр масштаба 1:1 000 000 с врезками масштаба 1:200 000;
– информационные бюллетени о состоянии недр.

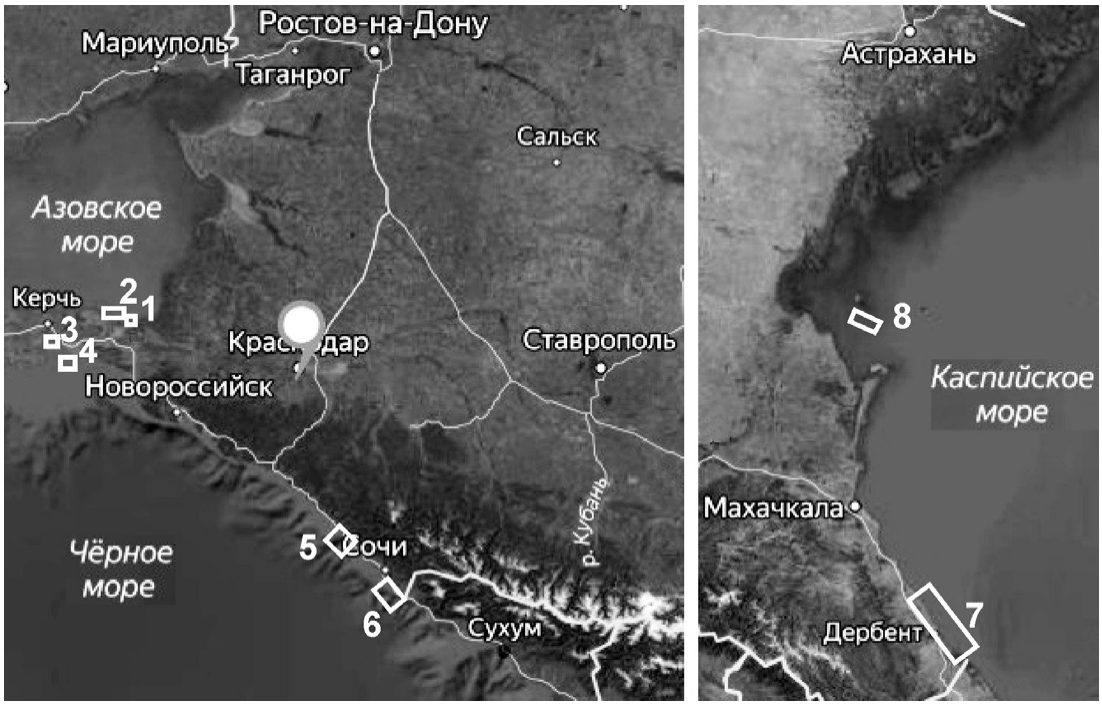


Рис. 1. Сеть наблюдений ГМСН ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей: пункты наблюдений (прямоугольники с цифрами): 1 – Голубицкий, 2 – Темрюкский, 3 – Тузлинский, 4 – Железнорогский, 5 – Голубицкий, 6 – Адлерский, 7 – Дербентский, 8 – Тюлений

В 2018–2019 гг. были получены следующие результаты.

Грязевулканическая деятельность и газо-флюидная разгрузка в региональном плане наиболее широко развита в Азовской ПШЗ, где находились на относительно низком уровне, за исключением Темрюкского вулкана, который повысил подводную активность в 2018 и 2019 гг. до среднего уровня (активная сальзово-грифонная деятельность), и Голубицкого вулкана, показавшего активизацию до среднего уровня в 2019 году. Тузлинский вулкан оставался на низком уровне активности – пассивной сальзово-грифонной. На площади мониторинга Чёрного моря преимущественно развита газо-флюидная разгрузка в виде метановых сипов и площадной газо-флюидной разгрузки нефтяного ряда. На Железнорогском пункте наблюдений продолжено изучение флангов с локализацией участков газо-флюидной разгрузки.

В ПШЗ Каспийского моря широкое развитие имеет метановая разгрузка на Северном Каспии в связи с диагенетической загазованностью донных отложений. Загазованность создает высокие внутрипластовые давления и газовые выбросы с интервалов разреза уже в первые десятки метров, что представляет опасность при бурении и пенетрации грунтов.

ЭГП в пределах шельфа в 2018–2019 гг. проявлялись на среднемноголетнем уровне наблюдений.

В Азовском море в результате перераспределения взмучиваемой волновой деятельностью пелитовой фракции и поступления аллювиального материала происходит хроническое заиливание судоходных морских каналов и фарватеров. Наиболее актуальным участ-

ком для мониторинга опасных литодинамических процессов следует считать Керченский пролив в связи с его интенсивным использованием как транспортного коридора.

ПШЗ Чёрного моря обладает наиболее разнообразными и активными опасными ЭГП, такими как абразия и эрозия морского дна с продвижением подводных каньонов, подводные оползни, обвалы, мутьевые потоки и пр. К участкам их максимального проявления относятся Головинский и Адлерский пункты наблюдений, где шельф подвергается абрадирующему влиянию головных частей крупных подводных каньонов [Глазырин, Мараев, 2018]. Для них прогнозируется медленное и постепенное увеличение активности опасных литодинамических процессов.

Для Адлерского пункта наблюдений впервые получена количественная оценка скорости продвижения каньона Мзымты (абразионно-эрозионной границы шельфа) к берегу. На наиболее проблемном отрезке в 6,5 км между его ответвлениями (от Мзымтинского западного до Некрасовского каньона) среднемноголетняя скорость продвижения с 2008 г. составила 2,2 м/год, варьируя от –9,0 до 16,3 м/год на отдельных отрезках. Граница каньона здесь находится на расстоянии от 1375 до 17 м от берега. Наиболее активное продвижение абразионно-эрозионной границы шельфа к берегу, и, соответственно, развитие опасных литодинамических процессов установлено и прогнозируется у каньонов Кальмар, Новый, Константиновский западный, Константиновский. Прогнозируется высокая активность абразионных и декливиальных процессов в вершинной части каньона Мзымтинский восточный за счет накопления и схода избыточного объема авандельтового материала.

Для Головинского пункта наблюдений в 2019 г. впервые получена количественная оценка скорости продвижения каньона Шахе к береговой линии. Средняя скорость продвижения абразионно-эрозионной границы с 2008 г. составила 2,6 м/год с вариациями от –10,2 до 16,2 м/год на отдельных участках. Определены участки максимального и минимального продвижения, их взаимосвязь с геоморфологией и поставкой авандельтового материала с бассейна реки Шахе.

Среднемноголетняя линейная пораженность оползнями бровки шельфа за период 2008–2019 гг. на Адлерском пункте наблюдений составила 18 %, варьируя в отдельные годы от 12 % до 23 %, на Головинском пункте наблюдений линейная пораженность составила 14 %, варьируя в отдельные годы от 11 % до 19 %.

Разнообразие и степень развития опасных ЭГП в ПШЗ Каспийского моря ниже Азовского и Чёрного морей. Здесь проявлены заиливание морских судоходных каналов и продвижение авандельт, подводные абразионные процессы, которые в 2018–2019 гг. оцениваются на среднемноголетнем относительно низком уровне. Оползневые процессы развиты преимущественно за пределами 50-метровой изобаты. Изменения характера и активности опасных ЭГП в Каспийском море, в отличие от Чёрного и Азовского, определяются многолетними колебаниями его уровня.

ЭГП в пределах береговых зон проявлены на среднемноголетнем уровне, но по характеру и интенсивности распределены неравномерно. Максимально абразионно-гравитационные процессы развиты на побережье Азовского моря, где отступление берега более 2 м/год отмечается в Приморско-Ахтарском и Темрюкском районах.

Состояние береговой зоны в междуречье Мзымта-Псоу остается относительно стабильным только за счет массовой искусственной подсыпки пляжа и берегоукрепительных работ. Морфология вершин каньонов создает здесь очень интенсивное волновое воздействие на береговую инфраструктуру.

Береговая зона Каспийского моря испытывает слабое воздействие опасных ЭГП.

Техногенные факторы активизации ЭГП в ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей постепенно усиливают своё влияние. Устанавливается влияние гидротехнических сооружений (портовые сооружения и подходные каналы к ним, буны) на характер вдольбереговой миграции наносов с нарушением естественной литодинамики береговой зоны. Так, техногенное блокирование вдольберегового переноса пляжевого материала Имеретинским портом способствует деградации береговой зоны Имеретинской низменности к востоку от него и продвижению каньона Мзымты к береговой инфраструктуре. Изъятие косового материала и блокирование вдольберегового транзита наносов способствует деградации кос в Азовском море вблизи крупных населенных пунктов.

В рамках мониторинга опасных эндогенных геологических процессов на Азово-Черноморском побережье Северного Кавказа создана сеть из 10 спутниковых геодинамических пунктов (СГП), которая в ежесуточном режиме отслеживала движения поверхности Земли. Для каждого СГП получены параметры современных движений поверхности Земли на протяжении последних 4–7 лет, по мере ввода пунктов в эксплуатацию [Бабешко и др., 2016а; Глазырин, Шестопалов, 2018]. Мониторинг этих движений позволяет вычислять аномальные деформации участков земной поверхности с возможностью вплотную приблизиться к проблеме предсказания землетрясений [Бабешко и др., 2016б], а также эндогеодинамической активизации опасных ЭГП. К сожалению, с 2020 г. сеть СГП законсервирована по финансовым причинам.

Инженерно-геологическое обследование береговой зоны Керченско-Таманской грязевулканической области позволило выявить уникальное геологическое событие – современное эндогеодинамическое поднятие морского дна Азовского моря со скоростью не менее 5 м/сутки [Popkov et al., 2013].

Использованы материалы, полученные АО «Южморгеология» по программе ГМСН, (контракты 28/01/60-2, 35/01/60-11, 42/01/60-9, 01/20/60-2, 25/2016-04-12, 14/2017-04-ЮРЦ(02), 15/2017-04-ЮРЦ(03), 02/2018-04-ЮРЦ(02)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Глазырин Е.А., Мараев В.Л.* Подводные каньоны Мзымты и Шахе: морфология, литодинамические процессы / Система Чёрного моря. М.: Научный мир, 2018. С. 84–105. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.84.
2. *Глазырин Е.А., Шестопалов В.Л.* Современные движения поверхности Земли Российского сегмента побережья Чёрного моря по данным GPS-наблюдений / Система Чёрного моря. М.: Научный мир, 2018. С. 76–84. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.76.
3. *Бабешко В.А., Шестопалов В.Л., Глазырин Е.А., Шереметьев В.М.* Исследование сейсмической активности района Большого Сочи методами спутниковой геодинамики // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 3–11. DOI: 10.7868/S25000640190101.
4. *Бабешко В.А., Юбко В.М., Глазырин Е.А., Шестопалов В.Л.* Характер движений поверхности земной коры по данным GPS-измерений в районе Азово-Черноморского побережья Российской Федерации // Наука Юга России (Вестник Южного научного центра). 2016. Т. 12. № 4. С. 33–40.
5. *Popkov V.I., Fomenko V.A., Glazyrin E.A., Popkov I.V.* A catastrophic tectonic event in summer 2011 in the Taman peninsula // Doklady Earth Sciences. 2013. Vol. 448. Part 2. P. 172–174. DOI: 10.1134/S1028334X13020207.

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ НА ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И НИЖНЕМ ДОНУ В СЕНТЯБРЕ 2018 И 2019 гг.

Г.Ю. Глущенко

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
gluschenko_gala@mail.ru

Россия обладает вторым по величине в мире запасом возобновляемых пресноводных ресурсов и уже много лет сталкивается с проблемой эвтрофикации, одним из последствий которой является «цветение» водоемов, вызванное интенсивным развитием водорослей. «Цветение» водоемов происходит во всех основных климатических зонах и во всех федеральных округах, но в пресноводных водоемах, расположенных в континентальной части России, наиболее часто причиной этого явления являются фотосинтезирующие организмы – цианобактерии (цианопрокариоты) [Namsaraev et al., 2020].

Одним из примеров продолжающейся эвтрофикации является ухудшение качества воды в Цимлянском водохранилище – единственном водохранилище на р. Дон. В последние годы всё больше внимания уделяется ряду негативных событий и внутриводоемных процессов: понижению уровня заполнения чаши водохранилища, нарушению процессов самоочищения, эвтрофированию, токсичности воды [Никаноров и др., 2012]. Ежегодно наблюдается летне-осеннее «цветение» воды водохранилища при интенсивном развитии в фитопланктоне цианобактерий, в том числе образующих токсины [Мартышева, Хоружая, 2017]. «Цветение» воды порождает и такие социальные проблемы, как нежелание купаться в водохранилище, опасения по поводу возможного присутствия токсинов в питьевой воде, снижение качества водопроводной воды или даже прекращение водоснабжения населения; экологические последствия связаны со смертью рыб и птиц [Namsaraev et al., 2020]. В связи с этим актуальными являются мониторинговые исследования пространственно-временных характеристик цианобактерий в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия.

Цель данной работы – исследовать современное состояние фитопланктона Цимлянского водохранилища и Нижнего Дона в осенний период и сравнить полученные результаты с предшествующими наблюдениями.

Материалом для работы послужили пробы, отобранные из поверхностного слоя воды во время экспедиций на вдхр. Цимлянское и по нижнему течению р. Дон в сентябре 2018 и 2019 гг. Обработка проб и учет микрофитопланктона производили по общепринятым методикам.

Результаты исследования фитопланктона Цимлянского вдхр. показали, что основу биомассы в сентябре 2018 г. составляли цианобактерии (доминирующие виды: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* и *Planktothrix cf. agardhii*) (рис. 1А). Исключение составляли район г. Калач-на-Дону, где основу биомассы составляли фитофлагелляты (47 %, доминанты – *Peridinium lomnickii* и *Glochidinium penardiforme*) и диатомовые водоросли (21 % за

счет развития *Aulacoseira granulata*), и х. Михайловский за счет развития криптофитовых (32 %, *Cryptomonas* cf. *reflexa*, *Komma caudata*) и динофитовых (22 %) водорослей. Доминирующим в этот период на остальной акватории цианобактериям на данных станциях принадлежало 12 % и 16 % от суммарной биомассы соответственно (рис. 1А). В сентябре 2019 г. основу биомассы на исследуемой акватории Цимлянского вдхр. и Нижнего Дона образовывали цианобактерии: от 74 % до 100 % в водохранилище (доминанты: *A. flos-aquae* и *M. aeruginosa*) и от 63 % до 87 % в нижнем течении р. Дон (*M. aeruginosa*) (рис. 1Б). Сильно отличалась станция в районе г. Калач-на-Дону – здесь основными доминантами по биомассе были диатомовые водоросли (58 %, доминант *A. granulata*), а цианобактериям принадлежало 22 %.

Пространственное распределение биомассы фитопланктона во время исследования в сентябре 2018 г. было следующее: от верхнего (Чирского) участка Цимлянского вдхр. к приплотинному участку значения общей биомассы возрастали, а после плотины, в нижнем течении р. Дон они значительно снижались (рис. 1А). Наибольшие значения биомассы фитопланктона были зафиксированы в приплотинном районе водохранилища и варьировали от 24,7 до 61,6 мг/л, снижаясь по направлению течения р. Дон от 18,8 (ст. 18) до 4,8 мг/л (ст. 21). Схожим было распределение количественных показателей фитопланктона и в сентябре 2019 г. (рис. 1Б): в станице Нижний Чир и в районе г. Калач-на-Дону значения биомассы фитопланктона от 5,6 и 7,8 мг/л возрастали до 24,0 мг/л к приплотинному участку водохранилища. Необходимо отметить, что в центральном районе этого участка отмечали очень высокие (за 2018 и 2019 гг. наблюдений) значения биомассы – 194,2 мг/л на ст. 11, которые предположительно были образованы в результате «сгона» в это место большого количества планктонной фитомассы вследствие ветровой деятельности. В нижнем течении р. Дон значения биомассы фитопланктона варьировали от 1,0 до 2,3 мг/л. Как и в предыдущий год, наибольшими значениями отличалась станция, находящаяся на р. Северский Донец (ст. 19 и 27).

В целом, общая биомасса фитопланктона в сентябре 2019 г. по сравнению с 2018 г. была меньше в 3 раза на акватории водохранилища (за исключением локального пика биомассы на ст. 11) и в 6 раз – в нижнем течении р. Дон. По значениям биомассы отдела Cyanobacteria развитие его представителей на акватории водохранилища (кроме района г. Калач-на-Дону, здесь цветение было «слабое») и до станицы Раздорская в нижнем течении р. Дон в сентябре 2018 г. можно охарактеризовать как «интенсивное цветение», а ниже станицы Раздорская – как «умеренное». В сентябре 2019 г. массовое развитие цианобактерий в Чирском участке водохранилища было «умеренным», в приплотинном участке – «интенсивным» с локальной вспышкой (или сгоном фитомассы) до «гиперцветения» в центральном районе данного участка. В Нижнем Дону «умеренное» развитие цианобактерий по мере продвижения к дельте р. Дон переходило в «слабое цветение».

Таким образом, результаты исследования показали, что уровень развития фитопланктона Нижнего Дона, состав его ценозообразующих видов соответствовали осенней сукцессионной стадии сезонной динамики фитопланктона изучаемой акватории и сходны с описанными ранее [Дельта Дона … 2009; Лужняк, 2017], с той лишь особенностью, что было отмечено появление в 2018 г. среди ценозообразующих видов Нижнего Дона доминантов, способных к миксотрофному типу питания (динофитовых и криптофитовых водорослей), присутствие которых свидетельствуют о высоком уровне содержания органического вещества и об увеличении гетеротрофной составляющей в функционировании экосистемы, а также развитие представителей цианопрокариот из

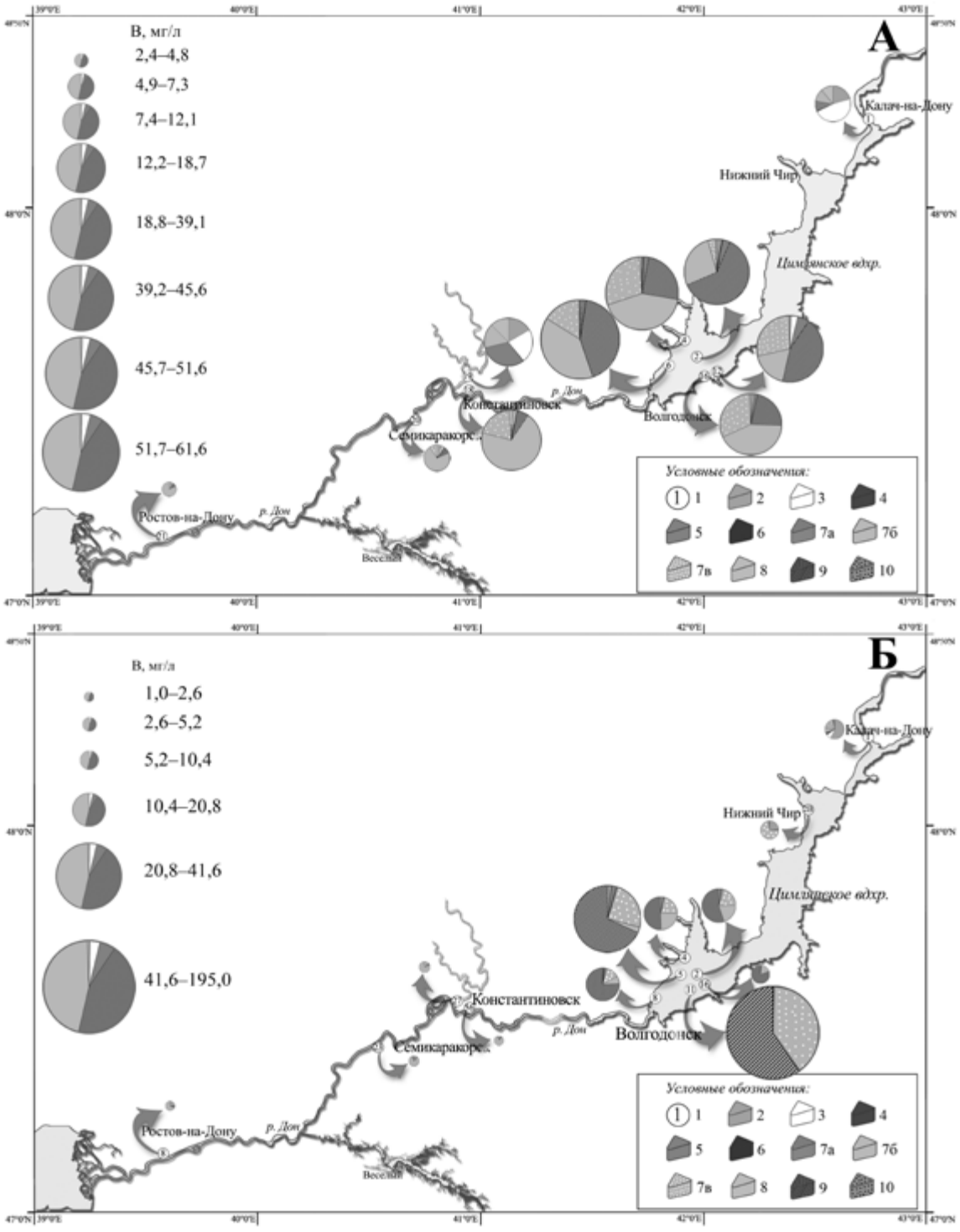


Рис. 1. Карта-схема распределения значений биомассы (B, мг/л) фитопланктона по исследуемой акватории в сентябре 2018 (А) и 2019 (Б) гг.
Обозначения: 1 – номера станций; 2–10 – отделы фитопланктона: Bacillariophyta (2), Dinophyta (3), Euglenophyta (4), Cryptophyta (5), Ochrophyta (6), Cyanobacteria (Cyanoprokaryota): гетероцистные (пор. Heterocytous – 7а) и безгетероцистные (пор. Oscillatoriales – 7б и Chroococcales – 7в) представители, Chlorophyta (8), Charophyta (9), Xantophyta (10).

«планктотрихетового» комплекса. В развитии фитопланктона Цимлянского вдхр. сохраняются те же закономерности, отмеченные ранее [Вехов и др., 2014; Калинина, 1975]. В летне-осенний период его облик определяют цианобактерии, при этом значительная доля этих представителей является потенциально токсичными видами. Ежегодно с июля по октябрь в водохранилище наблюдается сильное «цветение» воды за счет развития цианобактерий, биомасса превышает 11 мг/л, а на отдельных участках за счет нагонных явлений она может составлять более 50 мг/л [Вехов и др., 2014]. Сохраняется особенность пространственного распределения цианобактерий – увеличение количественных показателей развития от Чирского участка водохранилища к приплотинному, наиболее высокие значения регистрируются в глубоководных и прибрежных зонах этого участка [Мартышева, Хоружая, 2017]. Следует отметить, что в последние десятилетия в водоеме отмечают изменение комплекса видов-возбудителей «цветения». До конца 1980-х гг. преобладали виды родов Microcystis, Aphanizomenon и Dolichospermum. В последние годы к ним присоединился «планктотрихетовый» комплекс, среди представителей которого наибольшего развития достигал *Planktothrix agardhii* [Вехов и др., 2014]. По результатам 2018 г. еще добавился цианопрокариотный вид *Anagnostidinema* cf. *amphibium*, но во время осеннего исследования 2019 г. абсолютными доминантами были только виды родов *Aphanizomenon* и *Microcystis*.

Развитие представителей цианопрокариот пор. Oscillatoriales в нижнем течении р. Дон и в Цимлянском вдхр. можно считать негативным явлением, так как они в большей степени, чем ранее доминирующие виды из пор. Chroococcales, способны ухудшать качество воды, в частности *Planktothrix agardhii* способен выделять гораздо больше метаболитов, чем виды рода *Microcystis*. Это может приводить к усилению неприятных запахов воды и токсических эффектов [Вехов и др., 2014; Carmichael, 2001]. Кроме того, представители «планктотрихетового» комплекса хорошо адаптированы к недостатку света и низкой температуре, высокому содержанию биогенных веществ ($P_{общ}$ > 0,05–0,06 мг/л, $N_{общ}$ = 1–3 мг/л), высокому соотношению N/P и значениям pH (> 8–9), выеданию зоопланктоном и характерны для заключительных стадий олиго-эвтрофной сукцессии [Сиделов, 2010]. Однако во время осеннего исследования в 2019 г. представители «планктотрихетового» комплекса не были отмечены в качестве доминирующей группы.

Полученные результаты исследования осеннего фитопланктона Цимлянского вдхр. и нижнего течения р. Дон пока не позволяют говорить о его серьезных структурных трансформациях. Сезонная смена основных лидирующих видов фитопланктона данной акватории сходна с описанной ранее. Сохраняется особенность пространственного распределения фитопланктона по акватории Цимлянского вдхр. и Нижнего Дона, но происходят небольшие изменения в комплексе видов-возбудителей «цветения».

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5 и при поддержке проекта РГО-РФФИ №17-05-41145 а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вехов Д.А., Науменко А.Н., Горелов В.П. и др.* Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009–2013 гг.) // Рыбохоз. иссл. на водных объектах европейской части России. С-Пб.: ГосНИОРХ, 2014. С. 116–145.

2. Дельта Дона: эволюция в условиях антропогенной трансформации стока. Ростов н/Д.: АзНИИРХ, 2009. 184 с.
3. *Калинина С.Г.* Сезонная динамика фитопланктона в Цимлянском водохранилище // Воспроизводство рыбных запасов в водоемах Волгоградской области. Тр. Волгоград. отдел-я ГосНИОРХ. Волгоград: Нижневолжское кн. изд-во, 1975. Т. 9. С. 3–12.
4. *Лужняк О.Л.* Современное состояние фитопланктона нижнего течения р. Дон в условиях антропогенного преобразования стока // Вода: химия и экология. 2017. № 9. С. 11–19.
5. *Мартышева Н.А., Хоружая Т.А.* Особенности «цветения» воды Цимлянского водохранилища синезелеными микроводорослями // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2017. № 2 .С. 136–141.
6. *Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Мартышева Н.А.* Современные характеристики и тенденции многолетних изменений эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2012. № 4. С. 75–85.
7. *Сиделов С.И.* Сукцессия фитопланктона высокоэвтрофного озера Неро: автореф. дис. … канд. биол. наук. Борок, 2010. 27 с.
8. *Carmichael W.W.* Health effects of toxin-producing cyanobacteria, the cyanoHABs // Hum. Ecol. Risk Assess. 2001. № 7(5). P. 1393–1407. DOI: 10.1080/20018091095087.
9. *Namsaraev Z., Melnikova A., Komova A., Ivanov V., Rudenko A., Ivanov E.* Algal Bloom Occurrence and Effects in Russia // Water. 2020. № 12. P. 285. URL: www.mdpi.com/journal/water. DOI: 10.3390/w12010285.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ БЕРЕГОВОЙ ЭКО-СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЗРФ

Г.Г. Гогоберидзе[1], М.Б. Шилин[2], Е.А. Румянцева[1]

[1]Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, г. С.-Петербург
gogoberidze.gg@gmail.com, shilinspb@gmail.com

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) и ее береговая зона в условиях глобального изменения климата и постоянно увеличивающегося антропогенного воздействия является регионом, в котором наблюдается значительное увеличение природных и техногенных рисков природопользования. Исследования источников рисков природных и техногенных катастроф показали их существенную связь с экологическими и социально-экономическими рисками. Общая система комплексной безопасности арктических береговых эко-социо-экономических систем приобрела к настоящему времени междисциплинарный характер, с необходимостью использования фундаментальных результатов и достижений естественных и технических наук, наук о Земле и жизни, а также общественных наук.

В целом береговые эко-социо-экономические системы Арктики наиболее интенсивно используются человеком и с учетом природно-климатических особенностей являются сильно уязвимыми с точки зрения воздействия природных и техногенных угроз. Создание научных основ анализа рисков природопользования и их воздействий на береговые эко-социо-экономические системы позволит рассмотреть данную фундаментальную проблему с помощью сочетания количественных и качественных индикаторных методик и имитационного моделирования на базе законов познания, единства формы и содержания, логического мышления и сущности понимания пространства-времени, с использованием современного методического инструментария, включая технологии морского пространственного планирования.

Одной из первоочередных базовых задач, связанных с разработкой общей теории рисков природопользования в АЗРФ и инструментов управления ими в береговой зоне АЗРФ, является создание классификационной системы, определяющей виды, источники, сферы действия и пространственный масштаб рисков природопользования и характера их воздействий на элементы арктических береговых эко-социо-экономических систем.

При этом необходимо учесть ряд проблемных методологических вопросов, специфичных для арктического региона и требующих первоочередного рассмотрения и решения:

– технологический прогресс и интенсификация арктического природопользования приводит к созданию все более сложных, крупномасштабных технических и в целом эко-социо-экономических систем, что ведет к неуклонному росту природных и техногенных рисков;
– сложные иерархические структуры арктического берегового природопользования имеют ряд особенностей, в том числе присутствуют уникальные природные и техногенные риски и их сочетания, характерные при освоении арктических береговых территорий и прибрежных акваторий, особенно в их совокупности;

– высока роль риска каскадных катастроф и катастроф иерархических систем, отражающая необходимость учета взаимосвязей и воздействия природных и техногенных рисков на арктические береговые эко-социо-экономические системы;
– необходима разработка моделей риска, с анализом показателей уязвимости, живучести и защищенности сложных иерархических структур арктического берегового природопользования, учитывающих не только характеристики и масштаб береговой эко-социо-экономической системы, но и пространственный уровень риска и механизмы катастрофического явления.

Исходя из этого, рассматривая риск как имеющий вероятность реализации процесс причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, возможно его этапное структурирование в виде цепочки трех взаимосвязанных составляющих:
– риск-источник как непосредственный элемент арктической береговой эко-социо-экономической системы, который и продуцирует риск природопользования;
– риск-фактор как непосредственный риск (событие), возможность реализации которого исходит от риск-источника с разной степенью вероятности и интенсивности проявления, и который представляет собой угрозу природопользования для какого-либо объекта системы;
– риск-объект как непосредственный элемент арктической береговой эко-социо-экономической системы, на который воздействует риск-фактор, с разной степенью интенсивности и угрозы его устойчивому функционированию.

При этом необходимо отметить, что по своей сути риск-источник и риск-объект представляют близкие, а зачастую одни и те же элементы арктической береговой эко-социо-экономической системы. Это дает возможность использования сценарного подхода в моделировании рисков каскадных катастроф, когда риск-источник продуцирует риск-фактор, воздействующий на риск-объект, который в свою очередь сам продуцирует ряд риск-факторов и т.д., формируя таким образом «дерево» рисков каскадных катастроф.

Согласно предлагаемой структуре составляющих риска, можно ввести следующие классификационные признаки.

Для риск-источников:
– по непосредственному источнику проявления риска: природные, климатические, техногенные, социально-экономические.
– по отношению к береговой эко-социо-экономической системе: внутрисистемные (источник внутри системы), внешние (источник вне системы);

Для риск-факторов:
– по причинам возникновения и проявления риска: опасное природное явление, негативные тенденции (стратегические риски управления), ошибочные решения (оперативные ошибки в управлении);
– по пространственному масштабу проявления: локальные, местные, региональные, глобальные;
– по временному масштабу воздействия: краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные;
– по степени прогнозируемости: прогнозируемые, частично прогнозируемые, непрогнозируемые;
– по оценке вероятности проявления: определенные, неопределенные;
– по частоте возникновения: единичные, редкие, регулярные, частые.

Для риск-объектов:
– по объекту (реципиенту) риска: социальные, производственные (экономические), экологические, стратегические;

– по возможности индуцирования последовательной цепочки рисков: первичные, вторичные, третичные;
– по размеру (тяжести) ущерба/последствий: незначительные, существенные, значительные, катастрофические.

Каждый из структурных составляющих риска состоит из набора основных элементов, характерных для арктической береговой эко-социо-экономической системы:
– риск-источник, 20 элементов;
– риск-фактор, 23 элемента;
– риск-объект, 24 элемента.

Взаимосвязи элементов структурных составляющих риска оцениваются путем проведения экспертных оценок по двум матрицам:
– матрица риск-источник – риск-фактор, отражающая степень продуцирования риск-фактора от воздействия каждого из риск-источников (матрица 20 × 23);
– матрица риск-фактор – риск-объект, отражающая степень возможного воздействия каждого риск-фактора на нормальное эффективное функционирование риск-объектов (матрица 23 × 24).

Взаимосвязи в матрицах оценивались по 5-бальной системе. При этом оценка для техногенных объектов матрицы риск-фактор – риск-объект проводилась при условии воздействия на данный техногенный риск-объект как на работающий комплекс, состоящий из технических инструментов и персонала (человека) и производящий продукцию/услуги для потребностей человека.

Для матрицы риск-источник – риск-фактор выявлено, что среди наиболее сильных риск-источников, продуцирующих риск-факторы, сильно выделяются природные гидрометеорологические опасные явления, а также деятельность портовых комплексов и риск-источники геологического происхождения. Наиболее мощными продуцируемыми риск-факторами при этом являются пожары и техногенные аварии, а также проблемы, связанные с перебоями подачи электроэнергии и теплоэнергии. При этом наименее продуцируемыми риск-факторами (наименьшее интегральное количество риск-источников) являются аномально низкая видимость и помехи в атмосфере для прохождения радиосигналов, в т.ч. вследствие высокой солнечной активности.

Для матрицы риск-фактор – риск-объект показано, что наиболее сильными риск-факторами, воздействующими на риск-объекты, являются землетрясения и угрозы радиационного заражения, а также пожары. Наибольшему воздействию риск-факторов при этом подвержены такие риск-объекты, как портовые комплексы, аквакультурные и рыбоводческие хозяйства, а также охраняемые природные территории, такие как территории с особым режимом хозяйствования и защиты экосистемы и человек как отдельный объект экосистемы. Интересно, что наименее подверженным риск-факторам является такой риск-объект, как трубопроводная морская (подводная) инфраструктура.

Проведенные матричные оценки дают возможность выявления ключевых элементов различных сценариев реализации риска, включая риски каскадных катастроф. Дальнейшая работа в данном направлении нацелена на разработку инструментария по реализации мероприятий управления рисками природопользования в береговой зоне АЗРФ, с целью содействия росту эффективности процессов территориального планирования и прогноза устойчивости арктических береговых эко-социо-экономических систем АЗРФ как единого комплекса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00312.

ЛИНЕЙКА БИОИНДИКАЦИИ КЛИМАТА

А.В. Гудимов

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
alexgud@mail.ru

В холодных условиях Арктики, так же как и в высокогорных экосистемах, результаты потепления климата заметнее, чем в других регионах. Геологический мониторинг наземных экосистем обнаруживает не только ускоренное таяние ледников, но и, например, интенсивное обрушение берегов арктических морей из-за оттаивания вечной мерзлоты. Последствия глобальных изменений климата для биологических сообществ морских экосистем не так очевидны. Они трудны для наблюдения и анализа на коротких временных интервалах в 3–5 лет, т.к. происходят постепенно и потому малозаметны при существующей системе биомониторинга.

Климатические изменения происходят в любом масштабе биосистем – от организма до сообщества – и затрагивают все популяции водных животных. Проблема в том, как их обнаружить и как быть уверенным, что происходящие изменения популяций и сообществ вызваны именно климатом, а не влиянием загрязнения или чужеродных видов или естественной сукцессией, или сезонным и/или временным локальным действием нескольких факторов и т.п.

Вычленить глобально-климатическую составляющую в комплексном влиянии факторов среды непросто, особенно на ранних стадиях климатических изменений.

Ранее было установлено, что естественная динамика разнообразия и обилия зообентоса в относительно стабильных (оптимальных) условиях типично морских биотопов замедленна, мала по амплитуде и потому сложна как для ее обнаружения, так и для выявления экологических зависимостей, включая влияние климата [Фролова и др., 2007; Гудимов, 2014].

В то же время оказалось, что в краевых биотопах и экотонах, особенно в экстремальных условиях арктического прибрежья, реакции популяций эпибионтов (моллюсков, ракообразных, губок, мшанок, гидроидов) на изменения условий среды намного быстрее и заметнее.

С 2003 по 2020 г. в куту Кольского залива были проведены ежегодные исследования [Гудимов, Свитина, 2007; 2009; Свитина, Гудимов, 2017] изменения численности и распределения литоральных ракообразных – балянусов *Semibalanus balanoides* (L.) (Cirripedia, Crustacea) по 7 разрезам эстуарной зоны р. Тулома (рис. 1).

Установлено [Свитина, Гудимов, 2017], что неуклонное уменьшение средней численности балянусов (взрослых и спата) на эстуарной литорали, особенно заметное с 2007 г., обусловлено влиянием климата и происходит вследствие изменений комплекса факторов среды, аномальных для данной краевой популяции. В типично морских литоральных биотопах Мурмана, находящихся при нормальной солености (27–32 ‰), уменьшения численности бялянусов за этот период не произошло, местами их обилие, наоборот, выросло (что требует дальнейшего изучения).

В процессе исследования было установлено, что в условиях сильного опреснения эстуарной литорали, и особенно в условиях критической солености, рачки реагируют на изменения факторов намного сильнее и быстрее, чем в типично морских популяциях.

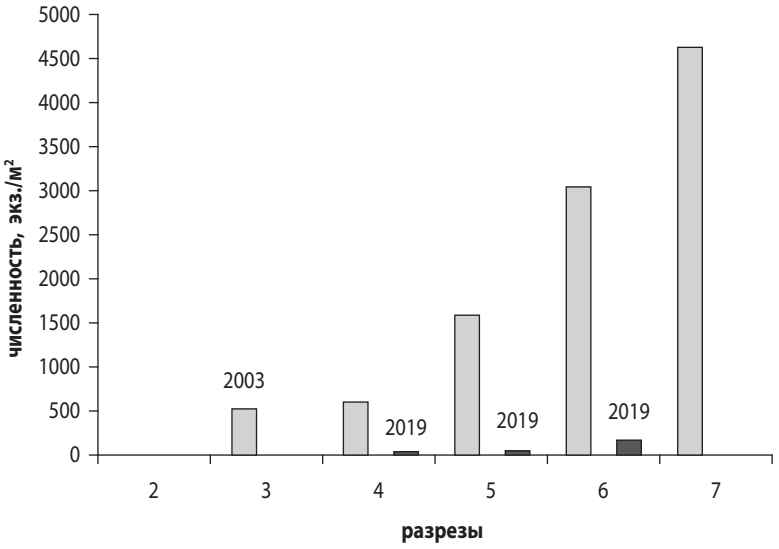


Рис. 1. Результат многолетнего падения численности усоногих раков *S. balanoides* в экоклине по разрезам вдоль градиента увеличения солености на эстуарной литорали р. Тулома

Анализ полученных результатов показал, что в условиях краевых биотопов, когда популяция вида находится на грани выживания, зависимость организма от факторов внешней среды многократно возрастает [Гудимов, Свитина, 2009; 2017]. Следовательно, в краевых биотопах давление условий среды достигает максимума, делая организмы намного чувствительнее даже к незначительным, для оптимальных условий, изменениям экологических факторов.

Высокая экологическая чувствительность балянусов краевого биотопа эстуария определила их значение, как биоиндикаторов ранних климатических изменений. При этом обнаружено, что достоверные изменения численности происходят в масштабе от 6 месяцев до 3 лет, а распределение балянусов в экоклине солености (см. рис. 1) представляет собой фактически «климатическую линейку», где делениями являются литоральные разрезы, вдоль которых происходит перемещение границы популяции в зависимости от направления изменений климата.

Последние исследования (2020 г.) подтвердили продолжение тренда сокращения эстуарной популяции бялянусов, граница которой сдвинулась еще на одно деление (разрез) в сторону моря. Динамика популяции усоногих раков *S. balanoides* свидетельствует о продолжающемся потеплении климата последние 12–15 лет и его влиянии на морские экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гудимов А.В.* Экологический биомониторинг водных экосистем: на пути к новейшим технологиям // Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений / отв. ред. Г.Г. Матишов; ММБИ КНЦ РАН. СПб.: Реноме, 2014. С. 326–344.
2. *Гудимов А.В., Свитина В.С.* Популяция усоногих раков *Semibalanus balanoides* в градиенте солености эстуарной зоны кута Кольского залива // ДАН. 2007. Т. 412. № 1. С.132–133.

3. *Гудимов А.В., Свитина В.С.* Экология и распределение усоногих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) в южном колене Кольского залива // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М.: Наука, 2009. С. 202–220.
4. *Свитина В.С., Гудимов А.В.* Многолетние колебания численности популяции усоногих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) на эстуарной литорали кута Кольского залива // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 2. С. 352–362.
5. *Фролова Е.А., Любина О.С., Дикаева Д.Р., Ахметчина О.Ю., Фролов А.А.* Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) // ДАН. 2007. Т. 416. № 1. С. 139–142.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

О.В. Денисов[1], В.И. Крутенко[2]

[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Управление по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям города Ростова-на-Дону
ovd63@mail.ru, krutenko96@mail.ru

Взаимовлияние опасности и безопасности в современном мире можно представить в виде листа Мебиуса (плавное и бесконечное перетекание опасности в безопасность, тождество и различие одновременно [Денисов и др., 2016]).

Работоспособность и эффективность системы комплексной безопасности населения и береговой инфраструктуры определяется значительным рядом факторов, среди которых медицинское и санитарно-гигиеническое обеспечение безопасности [Денисов О.В., Денисов Д.О., 2015]

Вместе с тем важно иметь в виду, что обеспечение безопасности зависит от оснащенности самыми современными техникой и оборудованием, но и прежде всего от человеческого фактора, т.е. от степени профессионализма управляющего этим оборудованием персонала, от грамотности и компетентности людей, отвечающих за безопасность от подготовленности к действиям в чрезвычайных и кризисных ситуациях.

Свойства и условия функционирования системы биологической защиты однозначно характеризуются случайными величинами, следовательно, показатели ее эффективности имеют вероятностную природу. Оценка эффективности системы биологической защиты может проводиться методами статистического моделирования, а также аналитическими методами.

Систему биологической защиты можно рассматривать как организационную систему, так как она включает в себя не только технические средства, но и личный состав медико-санитарных подразделений учреждения. Поскольку эффективность подобных систем зависит от внешних условий, то подобную систему целесообразно рассматривать как открытую систему [Соколова, Пономарёва, 2019].

Выбор показателей эффективности является важным моментом. Действия в ходе выполнения подобной операции по защите населения и береговой инфраструктуры могут быть представлены в виде совокупности последовательных фаз.

Задать исходное состояние (после оценки обстановки) можно в виде характеристик состояния исследуемых элементов на заданный момент времени, а также выходными характеристиками предыдущих этапов деятельности. В первом случае исходное состояние характеризуется надежностью элементов, готовностью к применению, а во втором – требует согласования выходных характеристик и данных для последующих этапов. Введем вероятность успешного выполнения задачи медико-санитарным подразделением ОНУ:

$$P_{у.в.} = P_{обн.} \cdot P_{бл.} \cdot P_{ун.}, \quad (1)$$

где $P_{обн.}$ – вероятность своевременного обнаружения биологической опасности; $P_{бл.}$ – вероятность успешного блокирования биологической опасности в районе обнаружения; $P_{ун.}$ – вероятность купирования биологической опасности.

Основными функциями, которые должны возлагаться на перспективные средства системы, будут поиск и обсервация (наблюдение), проводимые с целью своевременного обнаружения биологических угроз. Одним из главных требований к подобным силам и средствам является гарантированное распознавание источника таких угроз.

В качестве показателей эффективности могут рассматриваться: вероятность обнаружения биологических угроз к заданному моменту времени; математическое ожидание времени, необходимого для обнаружения биологических угроз; математическое ожидание числа обнаруженных биологических угроз; распределение количества обнаруженных биологических угроз. Вероятность обнаружения угрозы за время мониторинга (поиска) τ одним средством обнаружения может определяться:

$$P_{обн.} = 1 - \exp(-\gamma\tau), \tag{2}$$

где γ – интенсивность мониторинга (поиска) (среднее число обнаружений угроз за единицу времени).

Если мониторинг проводят независимо n сил и средств, то вероятность обнаружения биологической угрозы хотя бы одним средством может быть представлена в виде:

$$P_{обн.} = 1 - \exp\left[-\sum_{i=1}^{n} u_i(\tau)\right], \tag{3}$$

где $u_i(\tau)$ – потенциал поиска i-м элементом сил и средств.

В случае многократного дискретного наблюдения, при предположении, что каждое наблюдение проводится в одних и тех же условиях, независимо от других, вероятность обнаружения зараженного объекта имеет вид:

$$P_{обн.} = 1 - (1-P_{обн.1})^m, \tag{4}$$

где $P_{обн.1}$ – вероятность обнаружения зараженного объекта при единичном наблюдении, m – число единичных наблюдений.

Вероятность осуществления успешного блокирования биологической угрозы $P_{бл.}$ зависит от следующих факторов: своевременного принятия грамотного решения на блокирование биологической угрозы соответствующими лицами; комплекса лекарственных средств и состояния специального снаряжения санитарного подразделения; характера распространения инфекции; количественного соотношения сил и средств; очагов биологической угрозы.

Распределение сил и средств, предназначенных для блокирования обнаруженного источника инфекции, заключается в установлении однозначного соответствия между каждым очагом и средствами, предназначенными для ее сдерживания.

Разработка модели распределения базируется на методах оптимального распределения ресурсов. Тогда эффективность распределения зависит от распределения сил и средств, а также характеристик биологической угрозы.

Если рубеж блокирования биологической угрозы выбран верно, то условие выполнения задачи медико-санитарным подразделением по блокированию очага биологической угрозы имеет вид:

$$(S_{бу.} - v_{бу.} * t_{бл.})/ v_{бу.} > 0, \quad (5)$$

где $S_{бу.}$ – протяженность предполагаемого «маршрута» биологической угрозы до вероятного рубежа блокирования; $t_{бл.}$ – время блокирования, учитывающее моменты обнаружения биологической угрозы, подачи сигнала на приведение сил и средств в готовность к выполнению задачи блокирования, время готовности личного состава подразделения к выполнению задачи, время непосредственного развертывания сил и средств на рубеже блокирования очага; $v_{бу.}$ – предполагаемая скорость распространения биологической угрозы. Данное условие характеризует степень блокирования очага инфекции.

К факторам, оказывающим влияние на вероятность успешного блокирования очага инфекции, например актуального сегодня опасного инфекционного заболевания, относятся: своевременное принятие решения на купирование очага; фармацевтическая готовность (наличие потенциальной базы для массового производства известной или вновь разрабатываемой вакцины) и состояние (исправность) специальных медицинских и санитарных средств; характер действия инфекции, ее изменяющаяся летальность; количественное соотношение сил, средств и очагов инфекции [Денисов и др., 2016.].

В трудах А.Л. Чижевского впервые в мире (1915 г.) показано, что жизнь на Земле связана с физическими процессами на Солнце, что космос определяет изменения в биосфере. Периодические вспышки на нашем светиле, повторяющиеся каждые одиннадцать лет, влияют на интенсивность размножения и темпы роста организмов, в том числе наверняка способствовали возникновению нового коронавируса SARS-CoV-2. Естественно, солнечная энергия не несет «ответственности» за эпидемии, войны, революции, перевороты, социальные и политические катаклизмы. Конкретное действие зависит от людей.

Простое условие (5) предполагает выявление, прежде всего, реальной скорости распространения пневмонии COVID-19, вызываемой коронавирусом SARS-CoV-2 (с минимальными и максимальными границами значений), очагов инфекции, которые позволят за минимальное время определить рубежи блокирования, особенно при подходе к населенным пунктам.

Решение этой задачи осложнено существенной неопределенностью почти всех параметров: начальные симптомы не выражены; вакцина не получена и экспериментально не отработана; некоторые, даже оптимистические прогнозы, не являются оптимистичными. Поэтому в данной ситуации помимо строгого соблюдения рекомендаций медработников, важно придерживаться требований нормативных документов по гражданской обороне, разработанных по отношению к известным ранее угрозам.

Ситуация позволяет спокойно обновить запасы, планировать резервы для карантинных объектов, провести очно или заочно тематические занятия, вести плановый мониторинг заболеваемости и пропаганду здорового образа жизни. «Коронованный противник» мутационно «подготовился» за сотню лет, человечество тоже не спало [Усикова, 2013].

Опираясь на весь опыт, необходимо провести штабные игры, планируя действия персонала. В игре придется менять кадровый состав, назначение зданий и сооружений, планы занятий, формы проведения, НИР, конференций. Правила игры можно корректи-

ровать в зависимости от меняющейся обстановки, возможно, при применении компьютерных моделей, например по методу Монте-Карло, роль которого может быть полезна. Выводы по материалам статьи могут служить основой для критических замечаний и верных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Денисов О.В., Денисов Д.О.* Гражданская защита в чрезвычайных ситуациях: в схемах и таблицах / Министерство образования и науки российской федерации; ДГТУ. Ростов н/Д., 2015.
2. *Соколова Н.Г., Пономарёва И.А.* Здоровый человек. Сохранение здоровья в различные периоды жизни. Сер.: Среднее медицинское образование. Ростов н/Д., 2019.
3. *Денисов О.В., Губеладзе О.А., Месхи Б.Ч., Булыгин Ю.И.* Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения / ДГТУ; под общ. ред. Ю.И. Булыгина. Ростов н/Д., 2016.
4. *Усикова О.В.* Сравнительный анализ организации систем охраны здоровья и безопасности труда (обзор зарубежного опыта) // Сиббезопасность – Спассиб. 2013. № 1. С. 249–253.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

А.А. Егоркин

Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого, г. Балашиха
egorkin1974@yandex.ru

Аварийная ситуация, связанная с проливом токсичной жидкости (ТЖ) может привести к возникновению источника токсической опасности (ТО). Причины возникновения источника ТО могут быть разными и, как правило, зависят от событий, приводящих к аварии, связанной с проливом.

Такими событиями могут быть, например, неквалифицированные действия персонала, приводящие к аварийным ситуациям на трубопроводах, емкостях для хранения опасных веществ, а также происшествия при проведении технологических операций. В этом случае произойдет выделение паров ТЖ по различным сценариям.

Для разработки и реализации соответствующих защитных возможностей и планирования мер по ограничению масштабов деятельности потенциально опасного объекта ценной и широко используемой методологией является моделирование, имитация и оценка гипотетических сценариев и исторических инцидентов.

Для этого необходимо моделирование процесса выделения и рассеивания ТЖ в воздухе.

Физико-математическую модель события, связанного с диспергированием ТЖ, можно условно разделить на три части: моделирование источника, моделирование переноса и моделирование эффекта.

Такое комплексное моделирование набирает все большую популярность с использованием современных средств – методов вычислительной гидрогазодинамики, реализованных в CFD – компьютерных пакетах, как специально разработанных для решения специальных задач для моделирования дисперсии и взрывов паровых или пылевых облаков, так и общего назначения [Versteeg, Malalasekera, 2007].

В зарубежных странах уже давно используются методы вычислительной гидродинамики для моделирования, в отличии от нашей страны, в которой только не так давно на государственном уровне Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 апреля 2015 г. № 160 введена в действие «Методика оценки последствий аварий на взрывопожароопасных химических производствах» с использованием CFD-математических пакетов [Anderson, 1995].

При применении вышеуказанной методики и частично зарубежных специализированных CFD-пакетов моделирование источника выброса (выделения) (ИВ) не решается с помощью CFD-моделирования, а расчет его характеристик отдан на откуп полуэмпирическим сторонним методикам. Данные, полученные после расчета в этих методиках, вводятся в качестве граничных условий в CFD-пакет.

В связи с этим, исследования методических подходов по моделированию ИВ в CFD-пакете являются актуальной задачей.

При применении CFD-пакетов необходимо на начальном этапе моделирования четко представлять физическую картину моделируемого процесса, чтобы в дальнейшем правильно выбрать расчетные модели и граничные условия для проведения расчетов.

Результаты вычислительного эксперимента могут быть признаны достоверными только в том случае, если при моделировании заданы необходимые граничные условия протекания процесса так, что они соответствуют реальности натурного эксперимента [Wachem, Almstedt, 2003].

Общая логическая схема физической модели аварийной ситуации при формировании ИВ может быть представлена несколькими основными сценариями, учитывающими особенности хранения и выделения ТЖ:

1. Если жидкость хранится под давлением при температуре выше ее нормальной температуры кипения (перегретая), в результате выделения она частично с высокой скоростью перейдет в парообразное состояние с выравниванием давления кипящей жидкости до атмосферного давления.

Испарившийся пар в результате выброса взаимодействует с влагой воздуха и образует капли ТЖ. Часть этой жидкости может пролиться на землю с последующим возможным испарением, а некоторое количество может оставаться во взвешенном состоянии в виде аэрозоля. Жидкость, оставшаяся после испарения облака, образуют область выделения, которая будет продолжать испаряться, что приведет к дополнительному выделению пара в воздух.

Примером такого выброса является выброс жидкого хлора или аммиака из герметичного контейнера, хранящегося при температуре окружающей среды.

2. Если жидкость не перегретая, но имеет высокое давление паров (летучая), то выбросы паров будут возникать в результате поверхностного испарения из образующихся областей при проливе. В этом случае скорость выброса может быть высокой в зависимости от летучих свойств жидкости и температуры окружающей среды, а также общей площади поверхности пролива. Примером может служить выброс жидкого толуола, бензола.

Для жидкостей, которые выходят из оборудования в виде струй, нестабильность потока может привести к тому, что поток может разбиваться на капли, прежде чем он ударится о землю.

На скорость испарения капель струи ТЖ влияет её начальная температура, скорость воздушного потока воздуха и его температура. Время полета и траектория падения влияет на долю выброса, который проливается в виде потока капель, испаряется или остается в аэрозольном или паровом облаке.

3. Особую опасность с точки зрения токсикологии представляют жидкости с относительно низкой летучестью их паров при нормальных условиях, а, следовательно, и низких скоростях испарения, что в свою очередь образует в результате длительного времени поля концентраций опасных веществ. В этом случае основной характеристикой источника опасности будет скорость поступления паров этой жидкости в прилегающую зону.

С точки зрения моделирования наиболее сложную задачу представляет процесс испарения или конденсации ТЖ, который с определенной реалистичностью результатов предлагается моделировать с помощью ряда подходов, заложенных в моделирующих программах.

При выборе алгоритма моделирования испарения и конденсации ТЖ необходимо найти модели и настройки, которые точно предсказывают явление фазового перераспределения и изменяющихся параметров моделирования.

Вышеперечисленные процессы являются многофазными потоками, сопровождающимися массообменными процессами. В данном случае под многофазностью необходимо понимать течение более двух сред в различных агрегатных состояниях.

Модели используются для того, чтобы иметь возможность описывать и предсказывать физику многофазного течения. В тоже время моделирование многофазного течения является очень сложным процессом. Это привело к разработке моделей, которые могут учитывать различные уровни информации, то есть различные уровни точности, и подходят для различных многофазных приложений потока у [ANSYS CFX … 2011].

Классическим подходом в моделировании многофазных потоков, в настоящее время, является использования Лангранжевых и Эйлеровых моделей, отличающихся подходами в моделировании [ANSYS Fluent … 2011].

В подходе Эйлера – Лагранжа частицы отслеживаются на уровне одной частицы, где частица относится либо к твердой частице, либо к пузырьку газа, жидкости или капли.

Для непрерывной фазы решаются уравнения сохранения, а фаза частиц отслеживается путем решения уравнений движения для каждой частицы.

Силы, действующие на частицы, варьируются в зависимости от ситуации течения. При выполнении численного моделирования возможно добавлять в решение силы, которые имеют важное значение. Добавление большего количества сил к модели увеличивает точность, но также увеличивается сложность решения.

Поскольку этот подход к моделированию разрешает информацию на уровне одной частицы, он является довольно затратным с точки зрения вычислительных ресурсов. Для снижения вычислительных затрат возможно выбрать вместо этого подхода другой, основанный на рассмотрении скопления частиц.

В моделях Эйлера – Эйлера все фазы рассматриваются как непрерывные. По этой причине эти модели часто также называют мультижидкостными моделями. Мульти-жидкостные модели подходят для разделенных потоков, где обе фазы могут быть описаны как континуум. Тем не менее подход Эйлера – Эйлера также может быть использован для моделирования дисперсных течений, когда необходимо смоделировать не отдельное разбрызгивание ТЖ при выделении, а бассейн разлива. Уравнения дисперсной фазы усредняются в каждой вычислительной ячейке для достижения среднего значения поля. Чтобы иметь возможность описать дисперсную фазу как континуум, объемная доля должна быть высокой, и поэтому такой подход выбирают для плотных потоков.

Модель смеси – это упрощенная версия модели Эйлера – Эйлера. Как и в моделях Эйлера обе фазы рассматриваются как взаимопроникающие континуумы, но в смеси. Модели уравнения переноса основаны на свойствах смеси, таких как скорость, вязкость. Для отслеживания различных фаз используется уравнение переноса для объемной доли. Возможно моделирование с функцией движения фаз с разной скоростью и с использованием понятия скорости скольжения.

Еще одним подходом является метод объема жидкости (VOF). VOF принадлежит к Эйлер – Эйлеровской структуре, где все фазы рассматриваются как непрерывные, но в противоположность предыдущим представленным моделям в VOF нет проникновения одной фазы в другую.

Метод VOF использует функцию индикатора фазы, иногда также называется функцией цвета, чтобы отслеживать интерфейс между двумя или более фазами.

Уравнения переноса решаются для свойств смеси без учета скорости скольжения, это означает, что все переменные поля должны быть разделены между фазами.

Выбор конкретной модели многофазной среды определяется детализацией процесса, который заключается в необходимости смоделировать процесс в зависимости от наличия необходимых вычислительных ресурсов.

Следующим этапом, после выбора модели многофазной среды, необходимо в решение добавить модель испарения и конденсации, то есть решить уравнение массопереноса.

Для эйлеровых моделей ключевым фактором при испарении или конденсации является разность температур (температуры вторичной фазы и критической температуры), в то время как для лагранжевых – разность давлений (парциального давления выкипающего или испаряющегося компонента у поверхности частицы вторичной фазы и критического давления).

Такая возможность предусмотрена во многих коммерческих CFD-кодах. Важной особенностью является также возможность использования пользовательских функций как инструмента для моделирования фазового перехода материала во время процесса испарения и конденсации.

С помощью пользовательской функции возможно рассчитать массу и теплопередачу между жидкой и паровой фазами во время их взаимодействия.

Итак, можно сделать вывод, что при моделировании распространения паров ТЖ важно не пренебрегать кинетикой процессов, протекающих на межфазной границе, в противном случае данное пренебрежение может приводить к значительной переоценке скорости испарения.

Наконец, решение уравнений модели массопереноса с граничными условиями, определяемыми моделью межфазной границы, позволяет выполнить численную оценку интенсивности испарения, а также определить концентрационное поле токсичных веществ в окружающем пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ANSYS CFX Solver Theory Guide (2011), 14th release. ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania.
2. ANSYS Fluent Theory Guide (2011), 14th release. ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania.
3. *Anderson J.D.* Computational Fluid Dynamics. The Basics with Applications. McGraw-Hill: N. Y., 1995.
4. *Versteeg H.K., Malalasekera W.* An Introduction to Computational Fluid Dynamics; The Finite Volume Method. Prentice-Hall: Harlow, Second ed., 2007.
3. *Wachem B.G.M., Almstedt A.E.* Methods for Multiphase Computational Fluid Dynamics // Chemical Engineering J. 2003. Vol. 96. No. 1. Dec. 2003. P. 81–98.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРУППОВЫХ ДЕЙСТВИЙ БЛА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА БОЛЬШИХ ТЕРРИТОРИЙ

С.Г. Капустян[1], А.Р. Гайдук[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Таганрог
kap56@mail.ru, gaiduk_2003@mail.ru

В различных сферах человеческой деятельности производственной, социальной и оборонной направленности всё чаще применяются беспилотные летательные аппараты (БЛА). В англоязычной литературе эти аппараты называются аналогично – Pilotless Flying Devices (PLFD) или Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [Меркулов, 2016; Duc et al., 2011]. Безусловно, многие задачи, такие как доставка индивидуальных заказов, мониторинг отдельных автомобильных или железнодорожных трасс, состояния линий электропередач, трубопроводов, ледовой обстановки на реках, инспектирование государственной границы и т.п. успешно осуществляется при помощи одиночных БЛА [Moraes, 2018; Duc et al., 2011]. В тоже время решение таких задач, как мониторинг больших лесных массивов, картографирование административных территорий, обследование морских акваторий, решение многих оборонных задач одиночными БЛА весьма затруднительно и чаще всего оказывается экономически не эффективным. Поэтому в этих и многих других аналогичных случаях применяются группы, состоящие из нескольких БЛА [Капустян и др., 2014].

Обычно под группой БЛА понимается совокупность некоторого числа однотипных или разнотипных БЛА, которые дислоцируются на определенной территории и объединены общим тактическим и оперативным управлением. Однотипные БЛА – это БЛА, имеющие одинаковые конструкцию, функциональное назначение и функциональные возможности. Группы, состоящие из таких БЛА, называются однородными [Каляев и др., 2009]. Разнотипные – это БЛА, имеющие разные конструкцию, функциональное назначение и функциональные возможности [Каляев и др., 2009]. Группы, состоящие из таких БЛА, называются гетерогенными. В группы обычно объединяются БЛА, дополняющие функциональные возможности друг друга, поэтому возможности гетерогенной группы БЛА значительно шире возможностей одиночного БЛА любого типа или однородной группы БЛА. При этом группа может включать от нескольких БЛА до нескольких десятков или даже сотен БЛА тех или иных типов. В особенности это относится к малоразмерным БЛА.

Гетерогенные группы БЛА способны решать большой круг различных задач [Каляев и др., 2009]. Для решения каждой конкретной задачи, поставленной перед группой, формируется кластер (1-я задача системы управления (СУ) группой), в состав которого включаются те роботы из группы, которые во взаимодействии друг с другом способны с максимальной эффективностью решить данную задачу. В процессе решения каждой задачи роботы кластера должны будут выполнить определенные действия, направленные на решение общей задачи. Эти действия при решении большинства задач мониторинга территорий должны быть определенным образом скоординированы, согласованы по

времени и в пространстве. Таким образом, возникает вторая задача СУ группой БЛА – задача обеспечения БЛА кластера алгоритмом решения поставленной оператором целевой задачи. Эта задача может решаться либо путем передачи БЛА кластера найденной ранее последовательности действий (если эта или аналогичная задача решалась ранее), либо в оперативном формировании самими БЛА данного кластера рациональной последовательности своих действий по решению поставленной перед кластером задачи – самоорганизация кластера [Kapustyan и др., 2015].

Далее возникает задача перемещения кластера роботов в район выполнения поставленной ему задачи (третья задача – формирование маршрута кластера). После решения задачи перемещения БЛА кластера решают целевую задачу (четвертую) путем реализации имеющегося алгоритма действий и, наконец, переходят к решению задачи возвращения (пятая задача) роботов кластера на место базирования группы.

Как известно, решение любых задач в автоматическом режиме (без непосредственного участия человека) требует разработки аналитических методов и соответствующих алгоритмов. В настоящее время для реализации большинства алгоритмов управления применяются вычислительные средства, что требует разработки соответствующего программного обеспечения. Фактически аналитические методы, алгоритмы и программы решения указанных выше задач по управлению БЛА составляют *информационное обеспечение групповых действий БЛА*. При этом БЛА должны быть интеллектуальными, т.е. иметь некоторый вычислительный комплекс, систему датчиков и исполнительных устройств, позволяющих оперативно адаптироваться к изменениям текущей ситуации. Системы управления группой и каждого кластера могут быть централизованными (сосредоточенными) и располагаться на одном из БЛА, например на лидере группы и кластера. Однако они могут быть и распределенными, т.е. объединять коммуникационной системой бортовые вычислительные устройства (БВУ) БЛА некоторой части группы, т.е. кластера, или же БВУ всех БЛА группы.

Информационное обеспечение группового управления БЛА включает прежде всего математические модели описания и управления движениями БЛА, модели планирования траекторий полета БЛА с учетом задач облета подвижных и неподвижных препятствий, а также алгоритмы решения задач группового управления. При этом важное значение приобретают модели сигналов, поступающих от датчиков и методы их обработки. Отдельной задачей стоит задача информационного взаимодействия БЛА как друг с другом, так и с наземным центром управления.

Решению задач обработки информации и информационного обмена БЛА посвящено достаточно много публикаций [Верба и др., 2016; Иванов, 2019; Меркулов, 2016], поэтому соответствующие методы в данной работе практически не рассматриваются. Так как БЛА всегда находятся под влиянием различных внешних воздействий, то сигналы датчиков сопровождаются помехами, поэтому методы и модели обработки информации, поступающей от датчиков, включают методы и алгоритмы фильтрации, оценки достоверности и прогноза сигналов [Pshikhopov, 2013]. Как правило, эти методы во многом определяются типами и моделями сигналов.

Целью данной работы является сравнительный анализ математических моделей БЛА и сигналов, используемых в системах управления для описания движений и обработки сигналов.

В данной работе рассматриваются информационные модели группового управления БЛА.

Они включают математические модели движений самих БЛА и модели информационных сигналов, которые используются при функционировании СУ. В частности, математические модели формирования требуемых пространственных траекторий БЛА. Показано, что для решения всего комплекса проблем, связанных с управлением движениями БЛА в процессе выполнения ими поставленных задач, применяются как нелинейные, так и линейные математические модели различных порядков от второго до 12-го и выше. Эти модели обычно являются либо дифференциальными уравнениями в переменных состояния, представленными в векторно-матричной форме, либо несколькими дифференциальными уравнениями «вход-выход» некоторого порядка. Выбор типа используемой при создании СУ модели БЛА довольно сложен. Конструктивные особенности БЛА, а также содержание задач, для решения которых предназначен конкретный БЛА или на которые ориентирована группа БЛА, опосредовано определяют характеристики подходящих математических моделей. Этот момент относится к выбору математических моделей как БЛА, их сигналов, так и внешних воздействий. Эффективность СУ движением БЛА, и в особенности систем группового управления БЛА, существенно зависит от мощности вычислительного комплекса. Анализ приводит к выводу, что наиболее эффективными являются многопроцессорные вычислительные комплексы, ориентированные на реализацию параллельных вычислений.

Важным условием эффективного функционирования СУ, в том числе и БЛА, является достоверность сигналов, формируемых датчиками. В работе предлагается оригинальный статистический подход к формированию оценки скорости изменения выходного сигнала датчика. Для решения этой задачи предлагается оценивать не только автокорреляционную функцию сигнала датчика, но и его среднее значение. Эта оценка может использоваться в системах проверки достоверности сигналов датчиков. Однако предлагаемый подход может применяться, если только среднее значение сигнала датчика не обращается в нуль. В системах управления БЛА могут возникать перерывы поступления информации. В этих случаях БЛА выполняют поставленные задачи некачественно. Прогнозирующая модель предлагается в статье для решения этой проблемы. Эта модель может осуществлять прогноз значений потерянного сигнала линейной, квадратичной или близкой к ним формы.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при решении задач создания систем не только для управления движением БЛА и групп БЛА, но и систем управления объектами многих других областей применения.

Исследование выполнено в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, гр. проект № АААА-А19-119011190173-6, а также в рамках научного проекта РФФИ № 19-08-01226-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Верба В.С. и др.* Комплексы с беспилотными летательными аппаратами: в 2-х кн. Кн. 2: Робототехнические комплексы на основе БЛА / под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. М.: Радиотехника, 2016. 824 с.
2. *Иванов Д.Я.* Распределение ролей в коалициях роботов при ограниченных коммуникациях на основе роевого взаимодействия // Управление большими системами. 2019. Т. 78. С. 23–45.

3. *Каляев И.А., Гайдук А.Р, Капустян С.Г.* Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: Физматлит, 2009. 280 с.
4. *Капустян С.Г., Гайдук А.Р., Меркулов В.И., Бесклубова К.В.* Групповое управление БЛА // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2014. № 11. С. 24–36.
5. *Меркулов В.И.* Групповое управление беспилотными летательными аппаратами в задачах мониторинга земной поверхности // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 1. С. 30–38.
6. *De Moraes R.S., de Freitas E.P.* Distributed Control for Groups of Unmanned Aerial Vehicles Performing Surveillance Missions and Providing Relay Communication Network Services // J. Intell Robot Syst. 2018. № 92. P. 645–656.
7. *Duc A., Fantoni I., Lozano R.* Modeling and Control of a Convertible Mini-UAV // Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano (Italy) August 28 – September 2, 2011. P. 1492–1497.
8. *Kapustyan S.G., Gaiduk A.R, Shapovalov I.O.* Self-Organization in Groups of Intelligent Robots // Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 345. 2015. P. 171–181.
9. *Pshikhopov V., Medvedev M., Gaiduk A.R. et al.* Position-trajectory control system for robot on base of airship // Proc. IEEE Conf. on Decision and Control. 2013. P. 590–3595.

ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА БАЗЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Э.В. Мельник, Н.И. Булышева, Д.В. Орда-Жигулина, М.В. Орда-Жигулина

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
evm17@mail.ru, jigulina@mail.ru

Согласно опубликованным в открытой печати данным в настоящее время при мониторинге различных видов параметров гидроэкосистем и закономерностей экосистемных процессов в Азовском море, которые изучаются традиционными методами, им недостает критериев полноты баз данных и потоков текущей информации по отношению к реальным запросам потребителей, а также целостного представления о состоянии природной среды [1]. Одним из путей решения такой фундаментальной научной проблемы может быть адаптация традиционных видов мониторинга (в том числе биоиндикационных исследований) к современным системам мониторинга и прогнозирования опасных процессов посредством технологий цифровой экономики и интеллектуальных методов обработки данных. Одним из таких методов является когнитивное моделирование сложных систем, с помощью которого возможно отразить в математической форме структуру гидроэкосистемы и процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря в виде знаковых ориентированных графов и сценариев развития ситуаций на них.

Применение аппарата когнитивного моделирования для гидроэкосистемы и процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря. Авторами была разработана структура системы мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов, частью которой является модуль когнитивного моделирования (как часть подсистемы поддержки принятия решений для системы мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов береговой зоны) [2; 3]. Разработанный модуль в наглядной форме в виде ориентированных графов с вершинами различного веса показывает закономерности экосистемных процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря и в строгой математической форме определяет взаимные связи и взаимное влияние различных параметров гидроэкосистемы [1; 4–9] для организации мониторинга опасных явлений эстуарных зон юга России на основе анализа современного состояния популяций макрозообентоса [10–14] на примере системы «Нижний Дон – Таганрогский залив – Азовское море» как части Понто-Каспийского региона. На рисунке 1 показан пример когнитивной карты.

Когнитивная карта построена по результатам анализа современного состояния популяций макрозообентоса при одновременной оценке таких параметров как объем стока, среднегодовая соленость, параметры, характеризующие климатические изменения (многоводные и маловодные годы), антропогенная активность, численность и биомасса бентоса, видовое разнообразие донных беспозвоночных и др.

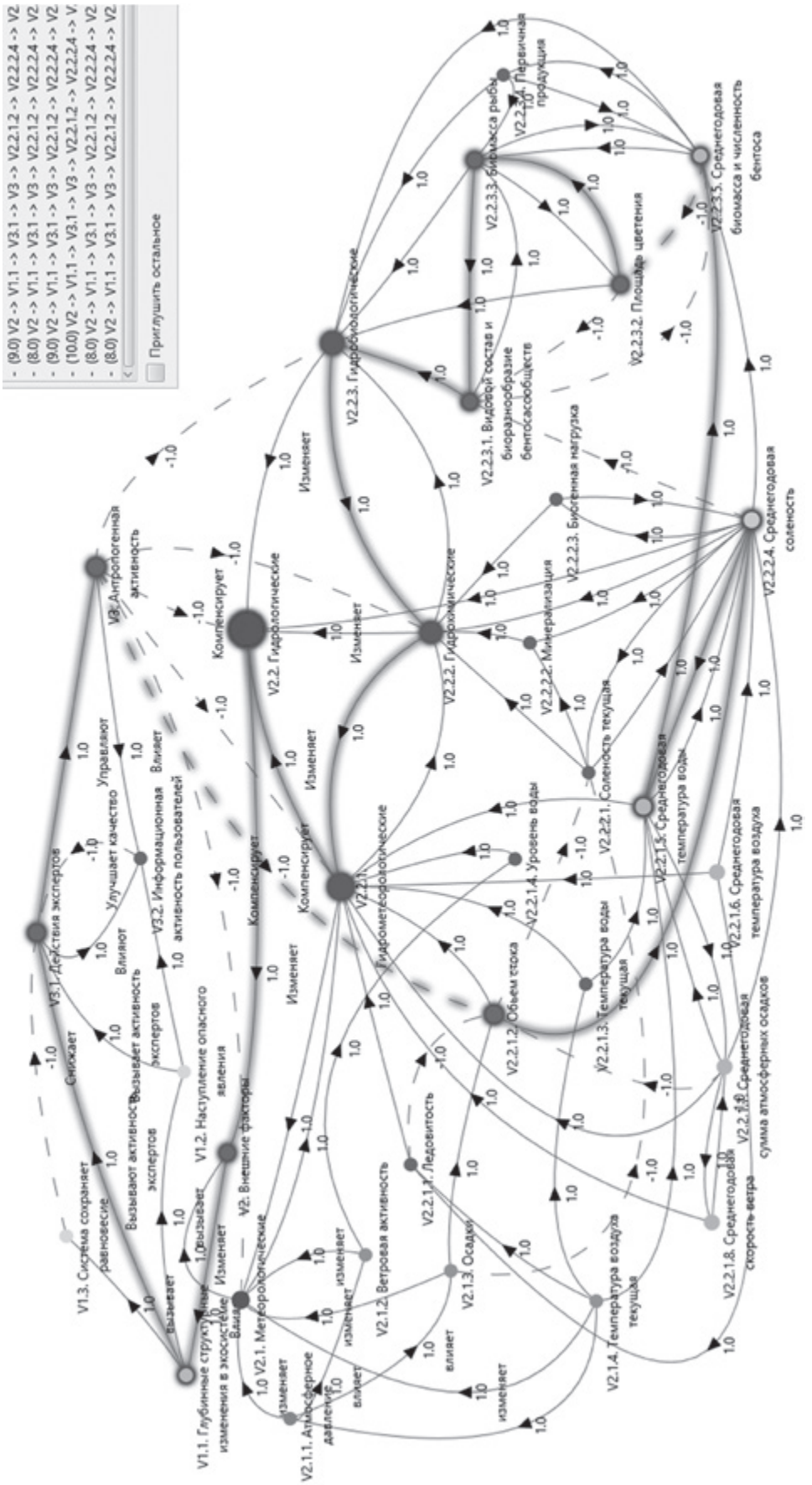
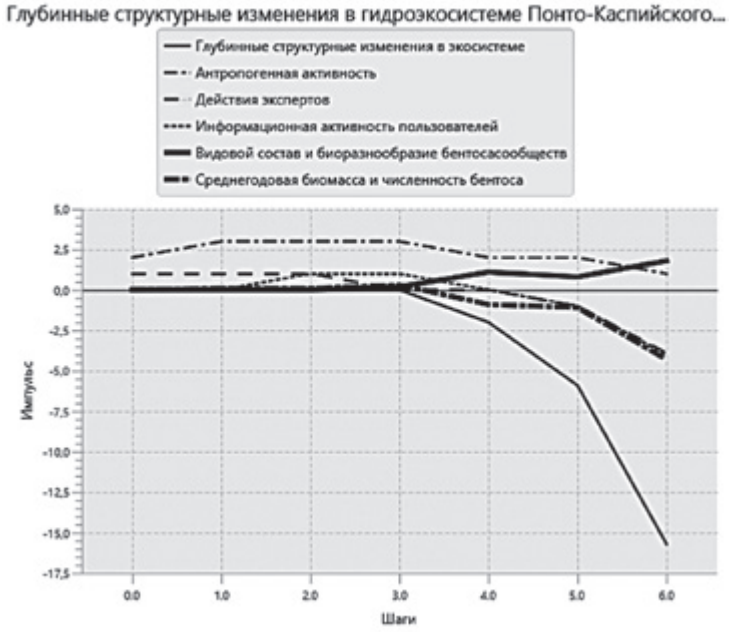


Рис. 1. Когнитивная карта «Глубинные структурные изменения в гидроэкосистеме Понто-Каспийского региона на примере системы «Нижний Дон – Таганрогский залив – Азовское море» с выделением взаимосвязей между параметрами гидроэкосистемы

Вершины когнитивной карты имеют различный вес в зависимости от оцениваемого параметра, связи между вершинами (ребра графа) отражают взаимосвязи между различными параметрами гидроэкосистемы.

На рисунке 2*а*, *б* показаны графики импульсных процессов, которые характеризуют взаимное влияние параметров гидроэкосистемы для построенной когнитивной карты. Показаны зависимости изменения видового состава и биоразнообразия бентоса в совокупности с изменением таких параметров, как информационная активность пользователей, объем стока, среднегодовая соленость, среднегодовая сумма осадков, антропогенная активность, видовой состав и биоразнообразие, среднегодовая масса и численность бентоса и действия экспертов и влияние этих параметров на глубинные изменения гидроэкосистемы.



а)

б)

Рис. 2. Пример изменения видового состава и биоразнообразия бентоса и его влияние на глубинные изменения гидроэкосистемы «Нижний Дон – Таганрогский залив – Азовское море»

Как следует из графиков, при сохранении видового состава бентоса экосистема не была подвержена коренным перестройкам, что можно объяснить компенсацией глубинных изменений в экосистеме за счет изменения других параметров (снижением среднегодовой биомассы и численности бентоса, увеличением антропогенной активности, направленной на регулирование объема стока и т.д.).

Таким образом, при значительном изменении качественных и количественных показателей бентоса, таких как среднегодовая биомасса и численность, и видовой состав, и биоразнообразие бентоса, можно подтвердить факт наступления глубинных долгосрочных изменений в экосистеме Понто-Каспийского региона. При одновременном увеличении одних параметров бентоса и снижении других параметров глубинные изменения в экосистеме происходят медленно или даже снижаются за счет взаимной компенсации параметров.

Разработанный модуль когнитивного моделирования может быть интегрирован в децентрализованные интеллектуальные системы мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов в части автоматизированной помощи принятия решений за счет применения технологии распределенного реестра.

С точки зрения предоставления информации, разработанный модуль когнитивного моделирования позволяет в наглядной форме в виде ориентированных графов с вершинами различного веса представлять закономерности экосистемных процессов Таганрогского залива, дельты Дона и Азовского моря и в строгой математической форме определять взаимные связи и взаимное влияние различных параметров гидроэкосистемы, которые изучаются традиционными методами мониторинга.

Показано, что построение когнитивных карт в качестве средства интеллектуального анализа данных позволяет адаптировать параметры о состоянии природной среды, определяемые с помощью традиционных видов мониторинга к подсистемам имитационного моделирования в части автоматизированных узлов поддержки принятия решений.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-05-80092.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л.* Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М.: Наука, 2006.
2. *Melnik E.V., Orda-Zhigulina M.V., Orda-Zhigulina D.V., Ivanov D.Y., Rodina A.A.* Fog computing in new approach for monitoring of hazardous phenomena // J. of Physics. 2019. Т. 1333. №. 7. С. 072016.
3. *Orda-Zhigulina M.V., Melnik E.V., Ivanov D.Y., Rodina A.A., Orda-Zhigulina D.V.* Combined method of monitoring and predicting of hazardous phenomena // Software Engineering Methods in Intelligent Algorithms. Vol. 984. 2019. С. 55–61.
4. Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001.
5. *Бердников С.В., Дашкевич Л.В. и др.* Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX – начале XXI в. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. С. 7–19.
6. *Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. и др.* Многолетнее изменение средней солености Азовского моря: данные наблюдений и модельный расчет // Экология. Экономика. Информатика (7–12 сент. 2014 г.): сб. статей. 2014. №. 2. С. 175–182.

7. *Кушнир В.М., Поважный В.В., Бердников С.В.* Минеральная и органическая компоненты взвеси по данным космических съемок и непосредственных измерений в Азовском море и Керченском проливе // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 2.
8. *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. Vol. 422. № 1. С. 106–109.
9. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Яицкая Н.А.* Природные катастрофы в Азово-Черноморском бассейне в начале XXI века. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017.
10. *Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Шохин И.В., Савикин А.И., Коваленко Е.П. Бирюкова С.В.* Чужеродные виды зообентоса в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря на рубеже XX–XXI вв. // Труды Южного научного центра РАН. 2020. Т. 8. Ростов н/Д., 2020.
11. *Сёмин В.Л., Сикорский А.В., Коваленко Е.П., Булышева Н.И.* Вселение представителей рода Marenzelleria mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) в дельту Дона и Таганрогский залив // Российский журнал биологических инвазий. 2016. Vol. 9. № 1. С. 109–120.
12. *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. 2014. С. 151–152.
13. *Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Савикин А.И., Шохин И.В., Терсков Е.Н.* Макрозообентос дельты Дона осенью 2014 г. // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии. 2016. С. 333–336.
14. *Семин В.Л., Савикин А.И., Булышева Н.И., Бирюкова С.В.* Влияние колебаний солености на структуру сообществ зообентоса Таганрогского залива // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития. Ростов н/Д., 2018. С. 195–200.

УВЕЛИЧЕНИЕ АРЕАЛА *Mya arrenaria* Linnaeus, 1758 В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.И. Савикин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
aisavikin@gmail.com

Mya arrenaria Linnaeus, 1758 – бореальный моллюск широко распространенный у северных берегов Европы и Северной Америки. На этой акватории он образует крупные скопления и является промысловым видом. Помимо промысла, во многих странах он также является объектом аквакультуры [Супрунович, 1988]. Мия обладает высокой выносливостью к изменению факторов внешней среды, может выдерживать перепады солености 6–17 ‰ и почти полное отсутствие кислорода [Савчук, 1976]. Моллюск ведет малоподвижный образ жизни, закапываясь в грунт на глубину 25–70 см.

Первые находки мии в Чёрном море датируются 1966 г. [Бешевли, Колягин, 1967]. После вселения начался период активной экспансии, в ходе которой к началу XXI в. этот вид стал обычным на песчаных и илистых грунтах в прибрежных зонах и мелководных лиманах. В 1977 г. была зафиксирована акклиматизация *Mya arrenaria* в Азовском море, в районе Бердянской косы [Савчук, 1980]. В 2004 г. повсеместно отмечался в Азовском море на илисто-песчаных грунтах в зонах высоких заморов, в некоторых случаях выступал субдоминантным видом в сообществах [Набоженко и др., 2006]. В 2003 на акватории Таганрогского залива мия отмечалась в западной части с невысокой численностью и биомассой (до 20 экз./м^2, 1,7 г/м^2) [Шохин и др., 2005]. В пробах из экспедиций ЮНЦ РАН, отобранных с 2005 по 2016 г. на акватории Таганрогского залива, этот вид не фиксировался.

Материалом для исследования послужили пробы макрозообентоса, отобранные в ходе комплексных экспедиций по Таганрогскому заливу и Азовскому морю на ПТР «Денеб» в 2016–2019 гг. Отбор проб проходил по стандартным гидробиологическим методикам [Руководство … 1983] с использованием дночерпателя Ван-Виина площадью захвата 0,1 м^2.

Впервые с 2005 г. на акватории Таганрогского залива *Mya arrenaria* была обнаружена в 2016 г. около Должанской косы, численностью 30 экз./м^2 и биомассой 2,6 г/м^2. На рисунке 1 отображено расширение ареала и рост биомассы этого вида.

В 2017 г. биомасса мии на Должанской косе увеличилась до 333 г/м^2, а на станциях вблизи косы Косая и Беглицкая были обнаружены ювенильные особи общей биомассой 0,1 и 0,01 г/м^2 соответственно. В 2018 г. было отмечено крупное скопление напротив города Ейск с биомассой 234,1 г/м^2 и соизмеримое с ним скопление напротив села Молчановка с биомассой 140 г/м^2. В 2019 г. на этих станциях еще больше увеличилась биомасса этого вида до 756 и 523,1 г/м^2. А на самой дальней точке ареала, напротив косы Беглицкая, биомасса достигла 45,3 г/м^2. Таким образом за 4 года мия распространила свой ареал на большую часть Таганрогского залива. Этот процесс, вероятнее всего, связан с увеличением доли морских вод в этой акватории [Матишов, Григоренко, 2017] [Матишов и др. 2017].

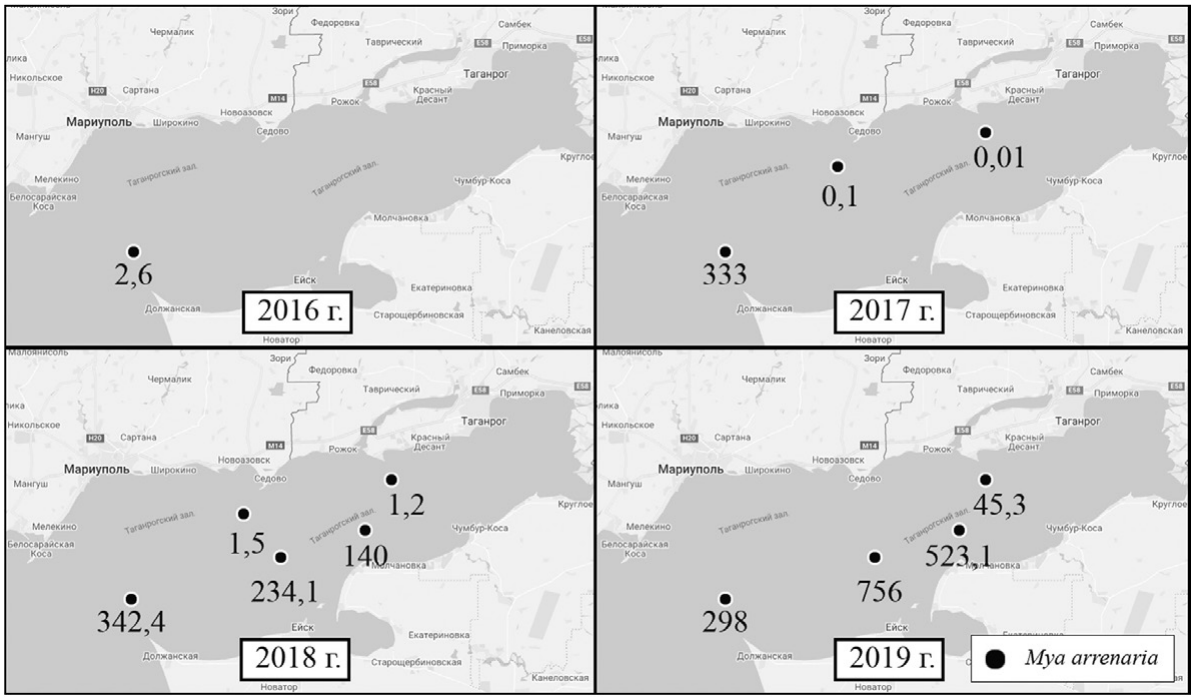


Рис. 1. Расширение ареала и увеличение биомассы *Mya arrenaria* в 2016–2019 гг.

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5 и при поддержке проекта РГО-РФФИ № 17-05-41145 а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бешевли Л.Е., Колягин В.А.* О находке моллюска *Mya arenaria* L. (Bivalvia) в северо-западной части Черного моря // Вестник зоологии. 1967. № 3. С. 82–84.
2. *Матишов Г.Г., Григоренко К.С.* Причины осолонения Таганрогского залива // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477. № 1. С. 92–96.
3. *Матишов Г.Г., Григоренко К.С., Московец А.Ю.* Механизмы осолонения Таганрогского залива в условиях экстремально низкого стока дона // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 35–43.
4. *Набоженко М.В., Шохин И.В., Сарвилина С.В., Коваленко Е.П.* Современное состояние макрозообентоса Азовского моря // Вестник Южного научного центра. 2006. Т. 2. № 2. С. 83–92.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
6. *Савчук М.Я.* Mya arenaria L. – новый элемент в фауне Азовского моря // Вестник зоологии. 1980. № 5. С. 11–15.
7. *Савчук М.Я.* Акклиматизация двустворчатого моллюска *Mya arrenaria* в Чёрном море // Биология моря. 1976. Вып. 6. С. 40–46.
8. *Супрунович А.В.* Аквакультура беспозвоночных // Киев: Наукова думка, 1988. 155 с.
9. *Шохин И.В., Набоженко М.В., Титова Е.П., Сарвилина С.В.* Современное состояние макрозообентоса Таганрогского залива // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. Т. VII. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 152–185.

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА КУРОРТАХ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

А.А. Стефанович, Е.Н. Воскресенская, А.С. Лубков

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

Для курортов Крымского полуострова одними из опасных метеорологических явлений выступают экстремальные значения температуры воздуха, высокая влажность и сильные ветра. Все они могут неблагоприятно отразиться на здоровье местных жителей и отдыхающих. Анализ изменчивости аномальных (экстремальных) величин биоклиматических показателей (индикаторов комфортности погодных условий) поможет предупредить о вероятных воздействиях погодно-климатических факторов и повысить эффективность климатотерапии.

Для выявления аномальных величин биоклиматических индексов использовались ежесуточные приземные данные о метеопараметрах (температура воздуха, ее минимальные и максимальные значения, относительная влажность воздуха, скорость ветра, приземное атмосферное давление) реанализа NCEP/NCAR R1 с пространственным разрешением 2,5° × 2,5° за период 1950–2017 гг. и реконструкционные данные наблюдений E-OBS (v17.0), приуроченные к узлам пространственной сетки 0,25° × 0,25°, за тот же период для пяти основных курортов Крымского полуострова: Евпатории, Севастополя, Ялты, Феодосии, Керчи. Для нивелирования искажений применяемых данных было проведено уточнение их с помощью доступных станционных наблюдений за период 2005–2017 гг., информация о которых была взята на информационном портале компании ООО «Расписание погоды» (https://rp5.ru/). Для этого данные используемых массивов интерполировались в точки станций методом сплайновой поверхности типа «тонкая пластина».

Для всех исследуемых курортных городов рассчитаны экстремальные величины биоклиматических индексов за период 1950–2017 гг., количество дней в каждом месяце ниже 5 и выше 95-го процентиля, а также произведен расчет коэффициентов линейных трендов частоты экстремальных значений. Для выделения экстремальных событий были использованы следующие биоклиматические индексы: эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), весовое содержание кислорода в воздухе (парциальная плотность кислорода) (ρO_2), ветровой индекс охлаждения (H_w).

Среди множества существующих вариантов выделения экстремальных величин в работе был использован относительный (5-й и 95-й процентили), так как он позволяет учесть локальные особенности климата и рельефа местности. Для каждого показателя взяты разные экстремумы и периоды. Для ЭЭТ в теплый период года (апрель – сентябрь) частота рассчитана для значений выше 95-го процентиля, а для холодного периода (октябрь – март) – ниже 5-го процентиля. Для ρO_2 рассматривались экстремальные значения ниже 5-го процентиля только для теплого периода (май – сентябрь), а для индекса H_w только в холодный период (октябрь – март) – выше 95-го.

Наименьшие значения частоты экстремальных значений ЭЭТ ниже 5-го процентиля характерны для Ялты (от 2,3 дней в декабре до 2,9 дней в ноябре). Максимальные значения частоты экстремальных значений ЭЭТ были отмечены на восточном побережье полуострова (4 дня/год). Максимальные значения экстремальных величин ЭЭТ выше 95-го процентиля имеет Ялта (до 7,5 дней в июле). В августе на всех курортах частота экстремальных значений выше 95-го процентиля наибольшая. Анализ трендов показал отрицательные тенденции частоты экстремальных значений ЭЭТ ниже 5-го процентиля и положительные для величин выше 95-го процентиля. Увеличение частоты экстремумов в июле-августе статистически значимо на 95 %-ном уровне значимости. Полученные результаты согласуются с общей тенденцией повышения температуры воздуха в Крымском регионе, и соответственно, повышением значений ЭЭТ.

Наибольшая частота значений ρO_2 ниже 5-го процентиля характерна для Ялты (в июле до 6,4 дней). Для других городов частота экстремально низких значений составляет 3–4 дня. Линейные тренды экстремумов ρO_2 для теплого полугодия имеют положительные тенденции и преимущественно статистически значимы для всех курортов. Полученные результаты согласуются с ростом температуры воздуха, которая в свою очередь приводит к увеличению дней с «душной» погодой.

Частота экстремально высоких значений показателя H_w для всех месяцев холодного периода составляет около 3 дней для всех курортов за исключением Ялты, где частота немного ниже – в среднем 2,5 дня. Линейные тренды экстремальных значений индексов Нпроцентиля значимы и имеют отрицательную тенденцию для всех станций.

В целом анализ экстремальных величин рассмотренных биоклиматических индексов свидетельствует об улучшении биоклиматических условий в холодный период года и в конце зимы – начале весны на курортах Крыма. Оценка трендов ЭЭТ и ρO_2 подтвердила вероятность более раннего начала курортного сезона, а также повышение рисков для проведения рекреационных мероприятий на открытом воздухе во второй половине лета. По результатам оценки динамики индекса ветрового охлаждения заметны значимые улучшения биоклиматических условий в зимние месяцы и ранней весной. Что также подтверждает факт расширения временных границ теплого периода года с комфортными значениями биоклиматических показателей, предназначенного для эффективной организации отдыха и лечения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-45-920063.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ ПРИ РАСТУЩЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПРИМОРСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ДОНА И КУБАНИ: ПРИРОДНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ

С.Я. Сущий

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
SS7707@mail.ru

Береговая зона Азовского и Чёного морей являлась привлекательной для колонизации и хозяйственного освоения с глубокой древности. Уже в античное время формируется цепочка центров, располагавшихся вдоль всего побережья: от Танаиса в низовьях Дона до Фанагории и Гермонассы на Таманском полуострове, и далее до Гераклеи и Анакопии, существовавших на месте современных Сочи и Нового Афона (Абхазия) [Шелов, 1975].

Российская поселенческая сеть данных приморских территорий, начавшая складываться в последней трети XVIII в., в значительной степени унаследовала пространственные характеристики уже давно существовавшей системы расселения, по крайней мере ее крупнейших центров. Большинство современных городов восточного Приазовья и Причерноморья располагаются на месте или в непосредственной близости от крупных населенных пунктов древности и средневековья. На месте таких центров, как Таганрог, Азов, Ейск, Новороссийск, Анапа, Сочи или Ростов-на-Дону, за последние 1,5–2,5 тыс. лет могло сменяться множество поселений, относящихся к различным народам и культурам. Такая устойчивость основных узлов приморской поселенческой сети была закономерной и определялась в том числе и совокупностью природных факторов, способствовавших или наоборот мешавших заселению и активному освоению тех или иных участков побережья.

Прежде всего, следует отметить комплексное и разнообразное влияние природно-ландшафтного фактора. Обе крупные реки данного региона – Дон и Кубань – в местах своего впадения в море формируют обширные дельты – устьевые зоны, характеризуемые условиями малопригодными для плотного заселения и активной хозяйственной деятельности. Особенно велика дельта Кубани (площадь около 4,3 тыс. км^2), занимающая значительную часть всего приазовского побережья края. В пределах кубанской дельты, береговая зона

шириной в 10–30 км от морской кромки представляет низменную территорию, затапливаемую в период весенних паводков, расчлененную множеством рукавов и мелких водотоков, зачастую с обширными плавнями, большим числом лиманов и болот, поросших надводной и подводной растительностью. Не способствовали заселению и низкие, периодически затапливаемые песчаные косы кубанского Приазовья.

Сходными были природные ландшафты и в дельте Дона, хотя размеры ее были намного меньше. Данные особенности местной природной среды стали основным фактором отступления поселенческой сети от береговой кромки Азовского моря на значительной части его восточного и северо-восточного побережья. При этом, не имея возможности плотно заселить всю береговую зону, люди ограничивались созданием отдельных центров на тех участках побережья, где это было возможно.

Выделим здесь роль гидрографического фактора. Новым поселениям требовался устойчивый источник пресной воды. Наличие речки или какого-либо пресного водоема становилось одним из основных условий для создания на том или ином участке побережья нового поселения. Еще большее значение играло наличие большой судоходной реки, способной играть роль торговой артерии. Именно такой рекой являлся Дон. Особенности его дельты, как уже отмечалось, не позволяли создать крупное поселение непосредственно в устье. Однако место впадения большой реки в море, позволявшее соединить морские коммуникации с сухопутной торговой сетью, представлялось слишком большой ценностью, чтобы оставлять данную территорию безлюдной. На таких потенциально значимых в торгово-хозяйственном отношении участках земной поверхности система расселения, даже отступая от побережья, неизбежно формирует крупный центр. В низовьях Дона он существовал, начиная с античности (Танаис). В средневековье его сменил Азов (Азак). Но и Черкесск – ведущий центр донского казачьего социума – был приближен к устью Дона, несмотря на то что подобная территориальная сближенность с турецким Азаком серьезно снижала безопасность казачьей жизни.

Существенное влияние на характер и динамику поселенческой сети оказывали ландшафтно-орографические особенности береговой зоны, особенно значимые в пределах выхода к побережью горных массивов. Они стали одним из серьезных ограничителей плотного заселения и хозяйственного освоения значительной части побережья северо-восточного Причерноморья (от Новороссийска до Архипо-Осиповки). В местах, где скальные выступы подходили к берегу на расстояние в несколько десятков метров, селиться было практически невозможно. Поэтому здесь не могло возникнуть крупных поселений.

Природные и погодно-климатические явления и процессы, представлявшие потенциальную опасность для хозяйственной деятельности и жизни человека, также являлись фактором, ограничивающим освоение береговой зоны. Однако речь, как правило, шла о локальных участках. Формируемая поселенческая сеть такие опасные участки морских побережий или речных берегов огибала, при необходимости отступая вглубь суши. Это могло происходить, когда люди оставляли опасное место, после того как оно подвергалось серьезной атаке стихии. Но во многих других случаях выгодное стратегическое или транспортно-торговое расположение берегового участка оказывалось более значимым фактором, чем наличие дискомфортных и/или опасных для человека периодических природных явлений и процессов. Показательно, что бора, достаточно частое в зимний период природное явление, связанное с ледяными ветрами и штормовой погодой, не остановило заселение и активное хозяйственное освоение морского побережья в районе Новороссийска, ставшего крупнейшим портовым центром на северо-восточном побережье Чёрного моря.

Таким образом, особенности рельефа и ландшафта; климатические, погодно-метеорологические и гидрографические условия входили в группу основных факторов развития приморской поселенческой сети восточного Приазовья и Причерноморья.

Самую значимую роль в геодемографической динамике населения данных приморских территорий играли и социально-экономические факторы. Приморское расположение или близость морского побережья в большинстве случаев становились дополнительным ресурсом экономического развития и демографического роста для сельских территорий и городских центров. Причем данный ресурс мог реализоваться через различные сферы социохозяйственной деятельности.

Промышленность, торговля и транспортная логистика в меняющемся соотношении со второй половины XIX в. по настоящее время являются основными драйверами развития северо-восточного Приазовья и нижнего Дона. С активизацией торговой деятельности был связан в середине XIX в. и подъем ряда городских центров восточного Приазовья, прежде всего Ейска. С начала XX в. формируются и основные сферы социально-экономической специализации кубанского Причерноморья. Ускоренный демографический рост его северных районов был связан с подъемом промышленности и торговли. Крупный индустриальный узел формируется в районе Новороссийска, а сам город постепенно превращается в крупнейший порт Азово-Черноморского бассейна, перетягивающий на себя торговлю и товарооборот приазовских центров. В развитии южных районов восточного Причерноморья с последних десятилетий имперского периода возрастающую роль начинает играть курортно-рекреационная деятельность, которая ко второй четверти XX в. превращается в центральную сферу хозяйственной специализации данного приморского субрегиона [Сущий, 2019. С. 105–110].

Анализ геодемографической динамики населения Ростовской области и Краснодарского края за последние 80 лет свидетельствует, что не только непосредственный выход к побережью, но и близость морской акватории становились серьезным фактором, ускоряющим количественный рост большинства местных территориальных сообществ (табл. 1). За период 1939–2019 гг. численность населения данных двух регионов, сосредоточенного в пределах 50-километровой приморской зоны выросла в 2,45 раз, а остальных территорий – только на 39 %. И очевидно, что в обоих регионах смещение системы расселения в сторону морской акватории является устойчивым долговременным трендом, который сохранится и в будущем.

Таблица 1

Динамика населения приморских и континентальных субрегионов Ростовской области и Краснодарского края, 1939–2019 гг. (тыс. чел., %)

Центры и территории		1939	1959	1970	1979	1989	2002	2010	2018
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Ростовская область	Численность населения, тыс. чел.								
	Приморские центры	213,8	242,0	313,5	351,6	371,9	364,0	340,6	330,6
	Приморские районы	151,4	140,3	172,6	166,8	161,2	175,3	178,5	183,1
	Ростов-на-Дону, Батайск	573,5	668,7	874,1	1024,2	1111,2	1175,7	1201,1	1269,0
	Урбанизированный юго-запад (большая приморская зона)	1044,2	1241,9	1616,8	1836,3	1951,8	2030,2	2032,1	2115,8
	«Континентальная» территория области	1848,4	2069,8	2214,5	2244,3	2356,9	2373,8	2246,0	2115,8
	Вся область	**2892,6**	**3311,7**	**3831,3**	**4080,6**	**4308,7**	**4404,0**	**4278,0**	**4231,5**
	Доля в населении, %								
	Приморские центры	7,4	7,3	8,2	8,6	8,6	8,3	8,0	7,8
	Приморские районы	5,2	4,2	4,5	4,1	3,7	4,0	4,2	4,3

Продолжение табл. 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Ростовская область	Ростов-на-Дону, Батайск	19,8	20,2	22,8	25,1	25,8	26,7	28,1	30,0
	Урбанизированный юго-запад (большая приморская зона)	36,1	37,5	42,2	45,0	45,3	46,1	47,5	50
	«Континентальная» территория области	63,9	62,5	57,8	55,0	54,7	53,9	52,5	50
Краснодарский край	Численность населения, тыс. чел.								
	Приазовские районы	284,7	320,2	392,9	420,4	438,7	484,7	486,3	489
	Причерноморские районы	342,9	380	651,4	806,0	939,1	1019,8	1149,5	1497,6
	Все приморские районы	627,6	700,2	1044,3	1226,4	1377,8	1504,5	1635,8	1986,6
	«Континентальная» территория края	2303,3	2777,7	2979,8	3185,3	3278,2	3650,1	3644,7	3661,7
	Всего	**2930,9**	**3477,8**	**4024,1**	**4411,7**	**4656**	**5154,6**	**5280,5**	**5648,3**
	Доля в населении, %								
	Приазовские районы	9,7	9,2	9,8	9,5	9,4	9,4	9,2	8,7
	Причерноморские районы	11,7	10,9	16,2	18,3	20,2	19,8	21,8	26,5
	Все приморские районы	21,4	20,1	26,0	27,8	29,6	29,2	31	35,2
	«Континентальная» территория края	78,6	79,9	24,0	72,3	70,4	70,8	69,0	64,2
Всего	Численность населения, тыс. чел.								
	Приморские зоны	1671,8	1942,1	2661,1	3062,7	3329,6	3534,7	3667,9	4102,4
	Континентальная территория	4151,7	4847,5	5194,3	5429,6	5635,1	6023,9	5890,7	5777,5
	Всего	**5823,5**	**6789,6**	**7855,4**	**8492,3**	**8964,7**	**9558,6**	**9558,6**	**9879,9**
	Доля в населении, %								
	Приморские зоны	28,7	28,6	33,9	36,1	37,1	37,0	38,4	41,5
	Континентальная территория	71,3	71,4	66,1	63,9	62,9	63,0	61,6	58,5
	Всего	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Примечание. Рассчитано по: [Всесоюзные переписи населения 1939–1989 гг.; Всероссийские переписи населения 2002–2010 гг.].

Работа выполнена в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований: «Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии: проблемы взаимозависимости и взаимной обусловленности» (№ 18-05-80043).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всероссийские переписи населения 2002–2010 гг. Численность населения России, субъектов Российской Федерации, городов и районов. 2002, 2010 // Демоскоп Weekly. URL: http://www.demoscope.ru/ weekly/ssp/rus02-10_reg1.php (дата обращения: 07.05.2020).
2. Всесоюзные переписи населения 1939–1989 гг. Численность наличного населения СССР по районам и городам 1939, 1959, 1970, 1979, 1989 // Демоскоп Weekly. URL: http://www.demoscope.ru/ weekly/ssp/rus_pop_39-89.php (дата обращения: 08.05.2020).
3. *Сущий С.Я.* Демографический потенциал приморских территорий Дона и Кубани – векторы и факторы количественной динамики (последняя треть XIX – начало XXI в.) // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7. № 4. С. 100–112.
4. *Шелов Д.Б.* Северное Причерноморье 2000 лет назад. М.: Наука, 1975.

ВИДЫ ПРЕСТУПЛЕНИЙ, СОВЕРШАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРИАЗОВЬЕ И ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ СУДЕБНОЙ ПРАКТИКИ)

Э.Ю. Чуклина

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
die_sehnsucht@mail.ru

Природные катастрофы отражаются на уровне и структуре преступности в пострадавшем регионе. Стрессовая обстановка негативно сказывается на психическом состоянии людей, разрушительное действие стихии лишает многих жилья и работы, правоохранительным органам сложнее поддерживать общественный порядок. К примеру, в 2012 г. в Краснодарском крае на фоне трагедии в связи с сильным наводнением отмечался рост зарегистрированных преступлений. Прокурор Краснодарского края обратил внимание на рост в 2012 г. тяжких и особо тяжких преступлений на 8 % и увеличение количества краж и мошенничеств [ФедералПресс, 2012].

В криминологии преступления, связанные со стихийными и общественными бедствиями, подразделяют на две группы: 1) преступления, создающие условия для возникновения катастрофы в результате нарушения правил и предписаний; 2) преступления, совершаемые в обстановке стихийного или общественного бедствия [Зорина, 2015].

Как показал анализ судебной практики районных судов Крыма, Краснодарского края и Ростовской области, условием возникновения природной катастрофы преимущественно становится халатность ответственных должностных лиц. Так, например, начальник Управления лесного хозяйства министерства природных ресурсов и лесного хозяйства Краснодарского края был осужден по ст. 293 УК РФ к 300 часам обязательных работ. Осужденный, обладая необходимыми полномочиями, не принял действенных мер, направленных на предупреждение возникновения чрезвычайной ситуации, связанной с возгоранием леса. В результате халатного отношения к должностным обязанностям случилось обширное возгорание леса, причинившее ущерб региону в размере 469 494 747 руб. 78 коп. [Приговор № 1-4/2018, 2018].

Ко второй группе преступлений относятся посягательства, совершенные в период или после стихийных бедствий. По результатам анализа установлено, что в Приазовье и Причерноморье наиболее распространены преступления против личности и собственности. Так, в г. Сочи после стихийного бедствия у потерпевшего было повреждено ограждение и вход на территорию участка не был полностью защищен. Двое мужчин, проходя мимо домовладения, увидели поврежденное в результате наводнения ограждение, проникли на территорию с целью хищения, они украли имущества на сумму 16 300 руб. Суд приговорил подсудимых к 1 году 6 месяцам лишения свободы в колонии строгого режима (был судим ранее) и 8 месяцам колонии-поселения [Приговор № 1-77/2016, 2016].

В Новошахтинске после стихийного бедствия, электромонтеров отправили чинить линии электропередач. Подсудимый решил, что они режут провода из-за неуплаты, вышел

из дома, угрожал и столкнул одного из работников с платформы грузовика. В результате мужчина получил травмы, несовместимые с жизнью. Суд приговорил подсудимого к 8 годам строгого режима с лишением права заниматься деятельностью, связанной с управлением транспортными средствами, сроком на 5 месяцев [Приговор № 1/60-2018, 2018].

Анализ судебной практики показал, что суды практически не применяют п. «л» ч. 1 ст. 63 УК РФ – «совершение преступления в условиях чрезвычайного положения, стихийного или иного общественного бедствия, а также при массовых беспорядках, в условиях вооруженного конфликта или военных действий». Например, на территории Крыма в 2015–2016 гг. [Распоряжение, 2015] и в 2018 г. действовал режим чрезвычайной ситуации [Днепровский, 2018]. Однако в 61-м приговоре, вынесенном районными и городскими судами Республики Крым с 2016 по 2019 г., суды не признали совершение преступления в условиях чрезвычайной ситуации, несмотря на указание данного обстоятельства в обвинительном заключении. Связано это с тем, что для учета при назначении наказания п. «л» ч. 1 ст. 63 УК РФ недостаточно самого факта стихийного или общественного бедствия, режима чрезвычайной ситуации или чрезвычайного положения. Необходимо представить соответствующие требованиям УПК РФ доказательства того, что обвиняемый использовал обстановку чрезвычайной ситуации при совершении преступления. Учитывая загруженность правоохранительных органов (особенно в период чрезвычайных ситуаций), а также существующие в уголовном судопроизводстве проблемы признания доказательств допустимыми, норма, предусмотренная п. «л» ч. 1 ст. 63 УК РФ по сути «мертвая», крайне редко применяется.

При этом неблагоприятные погодные условия действительно способствуют совершению некоторых преступлений. Так, в Щербиновском районе Краснодарского края двое лиц по предварительному сговору вынесли бытовую технику из домовладения, за которым в отсутствие хозяйки присматривала соседка. Во время ливневого дождя, который длился несколько дней подряд, соседка не приходила на проверку, чем и воспользовались преступники. За кражу суд назначил 1 год лишения свободы в колонии строгого режима и 6 месяцев ограничения свободы (ввиду наличия опасного рецидива) и 1 год условно [Приговор № 1-40/2016, 2016].

Кроме того, опасные природные явления нередко способствуют неумышленным преступлениям, которые совершаются при недостаточной осмотрительности или по небрежности. Например, в Анапе гражданин предоставил в прокат клиенту плавательное средство, несмотря на шторм, сильный ветер и запрет на купание в Чёрном море. В результате клиент пропал без вести, а его матери были причинены моральные страдания. Суд признал предпринимателя виновным по ч. 1 ст. 238 УК РФ «Производство, хранение, перевозка либо сбыт товаров и продукции, выполнение работ или оказание услуг, не отвечающих требованиям безопасности» и приговорил его к обязательным работам на срок 240 часов [Приговор № 1/242-2019].

В Новороссийске при неблагоприятных погодных условиях (ветер NE 15–20 м/с, волна до 3 м), на участке акватории Чёрного моря в результате затопления помещений СПК «АСПТР-1» произошло увеличение крена на левый борт и опрокидывание судна с последующим его затоплением. Трое моряков были признаны погибшими. Экипаж судна осудили по ч. 3 ст. 263 УК РФ «Нарушение правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного, воздушного, морского и внутреннего водного транспорта и метрополитена» к 3 и 2 годам лишения свободы условно с запретом деятельности, связанной с управлением и эксплуатацией морского и иного водного транспорта, на 3 и 2 года соответственно [Приговор № № 1-5/2019, 2019].

Следует также отметить, что неблагоприятные погодные условия (сильный ветер, ливневый дождь, снегопад, гололедица) косвенно влияют на нарушение ПДД с причинением тяжкого вреда здоровью или смерти. Так, из 117 проанализированных судебных актов, вынесенных судами общей юрисдикции Краснодарского края за 2016–2019 гг., в 27 случаях было отмечено, что водитель не учел плохие погодные условия, не справился с управлением и совершил наезд на пешехода.

Косвенно природные явления влияют также на преступления, совершенные в связи с невыполнением в срок работ (заготовка сельскохозяйственной продукции, строительные работы), когда не возвращаются полученные денежные средства либо подделываются документы с целью сокрытия неисполнения обязательств (ст. 159 УК РФ «Мошенничество», ст. 292 УК РФ «Служебный подлог», ст. 327 УК РФ «Подделка, изготовление или оборот поддельных документов, государственных наград, штампов, печатей или бланков»). Так, начальник воинской части из иной личной заинтересованности, обусловленной побуждением карьеризма, зная о том, что строительные работы, предусмотренные государственным контрактом в полном объеме не выполнены из-за погодных условий, внес в акт о приемке выполненных работ заведомо ложные сведения, подписав данный акт, тем самым подтверждая выполнение строительных работ в полном объеме. В результате его действий ущерб региональному бюджету составил 72 671 рубль. Суд приговорил подсудимого по ч. 2 ст. 292 УК РФ к штрафу в размере 50 тыс. рублей [Приговор № 1/38-2016, 2016].

Таким образом, по итогам анализа статистики и судебной практики судов общей юрисдикции республики Крым, Краснодарского края и Ростовской области можно сделать следующие выводы:

1) опасные природные явления вызывают небольшой прирост зарегистрированных преступлений в пострадавшем районе;
2) следует различать 3 вида преступлений, связанных с опасными природными явлениями:
   а) создающие условия для возникновения стихийного бедствия (халатность, нарушение правил безопасности при осуществлении работ, эксплуатации объектов производства);
   б) совершаемые во время или с использованием обстановки стихийного бедствия (причинение смерти по неосторожности в результате нарушения правил безопасности, кражи и грабежи);
   в) косвенно обусловленные неблагоприятными погодными явлениями (нарушение ПДД, подделка документов, мошенничество);
3) суды не учитывают при назначении наказания обстановку опасного природного явления, поскольку в судебном заседании не предоставляется достаточных доказательств.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ № 18-05-80043.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Днепровский Е.* На севере Крыма введен режим ЧС // Утро.ру. 14.09.2018. URL: https://utro-ru.turbopages.org/s/utro.ru/life/2018/09/14/1373932.shtml (дата обращения: 05.03.2020).
2. *Зорина Т.А.* Криминологическая характеристика и предупреждение преступлений, совершаемых в условиях природных бедствий и техногенных катастроф. М.: АНО «Научно-исследовательский институт истории, экономики и права», 2015. С. 22–31.

3. Приговор № 1-40/2016 от 07.04.2016. Щербиновский районный суд Краснодарского края // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 05.03.2020).
4. Приговор № 1-77/2016 от 08.04.2016 Сочинский городской суд // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 15.03.2020).
5. Приговор № 1/38-2016 от 13.04.2016 Крымский гарнизонный военный суд // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 11.04.2020).
6. Приговор № 1-4/2018 (1-40/2017) от 15.03.2018 Геленджикский городской суд // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 11.04.2020).
7. Приговор № 1/60-2018 от 23.05.2018 Новошахтинский районный суд Ростовской области // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 15.04.2020).
8. Приговор № № 1-5/2019 от 13.05.2019 Приморский районный суд г. Новороссийска // URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 11.04.2020).
9. Приговор № 1/242-2019 от 07.08.2019 Анапский городской суд // Гос. автоматизированная система РФ «Правосудие». URL: https://bsr.sudrf.ru/bigs/portal.html (дата обращения: 11.04.2020).
10. Распоряжение Главы Республики Крым № 454-рг от 25.11.2015 «О введении режима чрезвычайной ситуации техногенного характера» // Кодекс. Профессиональные справочные системы. URL: http://docs-api.cntd.ru/document/413912973 (дата обращения: 11.03.2020).
11. Прокуратура назвала самые опасные города Краснодарского края // ФедералПресс, 2012. URL: https://fedpress.ru/article/1346952 (дата обращения: 11.03.2020).

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РОССИИ

ПОЛИТИЗАЦИЯ ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ ПРИ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЯХ

Е.М. Горюшина

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
esherder@gmail.com

Меры по реагированию государства на стихийные бедствия и катастрофы являются предметом различных зарубежных исследований [Clary, 1985; Godschalk et al., 1998; Gall et al., 2011; Fothergill, Peek, 2004]. Это обусловлено тем, помощь, оказываемая пострадавшему государству другими странами, составляет источник, который, по признанию многих межправительственных и неправительственных организаций, представляет собой крупнейший и наиболее стабильный ресурс помощи.

Известно, что в зарубежной практике до 1920-х гг. оказание помощи при бедствиях осуществлялось в соответствии с двусторонними межправительственными соглашениями. Затем эту деятельность начали осуществлять Международный комитет Красный Крест и ряд межправительственных организаций, а после Второй мировой войны национальные правительства взяли на себя расширенные обязательства по оказанию помощи, поскольку двусторонние программы помощи, направленные на экономическое развитие стран-реципиентов, стали включать значительные ассигнования на борьбу со стихийными бедствиями [White и др., 2001].

В 1990-х гг. объем помощи в случае стихийных бедствий увеличивался по мере сокращения объема помощи в целях развития (ОПР), хотя в последнее время объем донорского финансирования чрезвычайной помощи незначительно уменьшался [Maynard, 1999]. Поскольку изменяющиеся международные правовые нормы ослабили принцип невмешательства во внутренние дела суверенных государств, а изменяющиеся политические ожидания, связанные с распространением демократии (например, Иракская война 2003–2011 гг.), вызывают всё большую обеспокоенность многих стран, на международной арене стал применяться принцип вмешательства иностранного государства в чрезвычайные гуманитарные ситуации.

Такие страны, как Великобритания, Франция, Швеция, Австралия, Новая Зеландия, Канада и Соединенные Штаты Америки, создали специальные бюро (агентства) по оказанию помощи в случае стихийных бедствий. Основными формами оказания помощи выступают непосредственно финансовая помощь, страхование, изменения в системе землепользования и программе переселения, внедрения технических средств с целью снижения ущерба от самого стихийного бедствия и формирования ряда превентивных мер (в том числе строительство и укрепление подпорных стен, проектирование зданий и сооружений в соответствии с возможностью опасных природных процессов и явлений на территории строительства, внедрение и развитие систем раннего предупреждения населения). Как отмечают шведский политик, сопредседатель Римского клуба Андерс Вийкман, и известный эксперт в области окружающей среды Ллойд Тимберлейк, несмотря на значительные международные усилия по оказанию помощи по ликвидации последствий природных стихий, «местные жители по-прежнему вынуждены затрачивать большую часть собственных средств на восстановление своего имущества» [Green, 1997, p. 40], так же как они это делали задолго до появления иностранной помощи.

Как демонстрирует анализ иностранной литературы по теме политизации оказания помощи при стихийных бедствиях, существует еще ряд проблем, сопряженных с распределением этой помощи в стране-реципиенте. Координация с местными властями в условиях уже произошедшего стихийного бедствия зачастую представляет собой ключевую проблему, поскольку во время хаоса может случиться «паралич системы управления внутри страны-реципиента и распад государственных институтов» [International Federation … 1997, p. 23]. «Даже когда такие государства способны полноценно функционировать, они могут быть нечувствительны к потребностям жертв стихийных бедствий» [Wijkman, Timberlake, 2019, p. 108]. При этом нельзя исключать и тот факт, что государства, пострадавшие в результате стихийных бедствий, могут скрывать или искажать информацию, связанную с масштабами катастрофы и её последствиями.

Другим не менее интересным трендом в зарубежных исследованиях по теме политизации помощи выступает неэффективность её оказания. Зачастую государство-донор направляет помощь без четкого представления особенностей пострадавшего региона и его культурных и ландшафтных особенностей. Профессор Дэвид Александер из лондонского Института по снижению риска и стихийных бедствий полагает, что «пострадавшие могут не использовать предоставленную помощь в случае стихийных бедствий и могут не обладать необходимыми знаниями о том, как продуктивно использовать полученные товары; при этом сообщества-реципиенты способны мало что сказать о количестве и качестве получаемой ими помощи» [Alexander, 2018, p. 502]. Вийкман и Тимберлейк приводят в своем исследовании несколько случаев неуместной и часто контрпродуктивной помощи: британская благотворительная организация как-то отправила в большом количестве пачки чая, салфетки и гинекологические тампоны в район стихийного бедствия; европейское сообщество предоставило в большом количество сухое молоко в район землетрясения, где немного коров, но отмечался значительный дефицит водных ресурсов; гуманитарная организация, отправившая курицу мусульманскому населению, приготовленную на свином жире; и западногерманская благотворительная организация, построившая 1000 полистирольных иглу, которые оказались непригодными для жизни, а так как их нельзя было демонтировать или перевезти, пришлось их сжечь, что сопровождалось токсичными парами [Wijkman, Timberlake, 2019, p. 108].

Наиболее важным фактором политизации помощи в случае стихийных бедствий выступает сам процесс рассмотрения возможности предоставления помощи или отказа в ней. Ключевыми условиями, влияющими на принятие того или иного решения, являются

масштаб стихийного бедствия, степень его освещения в средствах массовой информации, предполагаемый уровень беспомощности жертв перед лицом стихии и готовность пострадавших принять эту помощь извне.

Примечательно, что самый «актуальный» тип стихийных бедствий в зарубежной практике оказания помощи пострадавшим – землетрясения. Это вызвано тем, что «освещение бедствий в СМИ оказывает глубокое влияние как на общественное мнение, так и на формирование государственной политики на последних этапах чрезвычайной ситуации» [Wijkman, Timberlake, 2019], оказывая давление на механизм распределения ресурсов для ликвидации последствий. Справедливо утверждать, что освещение посредством СМИ не является надежным источником информации для принятия решения о предоставлении помощи, а в некоторых случаях и вовсе «способствует неправильному реагированию на кризис» [Wijkman, Timberlake, 2019, p. 112].

Политизация оказания помощи при стихийных бедствиях не является чем-то уникальным. Как правило, подобная помощь направляется политическим союзникам (странам-реципиентам от союзнических стран-доноров) и тем, кто уже получает другие формы иностранной поддержки [Wijkman, Timberlake, 2019, p. 112]. Специалист в области изучения международной помощи Стивен Грин заключает: «Правительства часто принимают решения не исходя из реальных интересов жертв стихийных бедствий, а, скорее, из актуальных политических императивов, в частности оказывают помощь одной привилегированной этнической группе, а не другой» [Green at al., 1977, p. 12].

Вопреки распространенному мнению об исключительности позиции США по вопросам оказания помощи в случае стихийных бедствий, некоторые американские эксперты отмечают, что и американское правительство не застраховано от такого поведения, поскольку Государственный департамент способен использовать статью расходов на оказание помощи в случае стихийных бедствий (фактически весь бюджет USAID) для достижения внешнеполитических целей, иногда в ущерб долгосрочным интересам [Natsios, Bush, 1997]. Например, в прошлом из-за идеологических разногласий Госдеп отказывался оказать Кубе помощь во время и после сильного урагана.

Не следует исключать и экономические интересы государств-доноров, которые используют стихийные бедствия для повышения цен на мировом рынке на свои ресурсы. Вийкман и Тимберлейк пишут, что «помощь в случае стихийных бедствий – это просто экспорт излишков товаров вне зависимости от их полезности» [Wijkman, Timberlake, 2019, p. 112].

Таким образом, международный опыт оказания помощи при стихийных бедствиях показывает, что ее политизация представляет собой распространенную практику, зачастую лишенную изначальных целей снизить ущерб и ликвидировать последствия для населения.

Публикация подготовлена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80043.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alexander D.* Natural disasters. L.: Routledge, 2018.
2. *Clary B.B.* The evolution and structure of natural hazard policies // Public Administration Review. 1985. T. 45. C. 20–28.

3. *Fothergill A., Peek L.A.* Poverty and disasters in the United States: A review of recent sociological findings // Natural hazards. 2004. Т. 32. №. 1. С. 89–110.
4. *Gall M. et al.* The unsustainable trend of natural hazard losses in the United States // Sustainability. 2011. Т. 3. №. 11. С. 2157–2181.
5. *Godschalk D. et al.* Natural hazard mitigation: Recasting disaster policy and planning. Washington: Island Press, 1998.
6. *Green S. et al.* International disaster relief; toward a responsive system. N. Y., 1977.
7. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, World Disasters Report. N. Y.: Oxford University Press, 1997.
8. *Maynard K.A.* Healing communities in conflict: International assistance in complex emergencies. N. Y.: Columbia University Press, 1999.
9. *Natsios A.S., Bush G.* US foreign policy and the four horsemen of the apocalypse: Humanitarian relief in complex emergencies. Boston: Greenwood Publ. Group, 1997. № 170.
10. *White G.F., Kates R.W., Burton I.* Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management // Global Env. Change. Part B: Env. Hazards. 2001. Т. 3. № 3. С. 81–92.
11. *Wijkman A., Timberlake L.* Natural disasters: acts of God or acts of man? L.: Routledge, 2019.

ВОЕННЫЙ АСПЕКТ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ В XVII–XVIII вв.

Г.А. Шмидько[1], А.Г. Шмидько[2]

[1]Станция юных натуралистов, г. Таганрог
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов на Дону
genshmid@mail.ru

Все наши дела ниспровергнутся,
ежели флот истратится.

Петр I

Данная работа – это часть комплексных исследований по изучению Азовского моря и Приазовья, которыми занимается Таганрогская станция юннатов.

В материале представлен исторический экскурс географических изысканий Петровской и Екатерининской эпох, проводившихся военными для нужд армии и флота.

В исследуемую пору географическое изучение Приазовья и Азовского моря как театра военных действий было очень актуально. Географические работы позволили обосновать удобные участки для строительства Таганрогской гавани и Троицкой крепости, наметить фарватер по Дону и Таганрогскому заливу. Географические исследования проводились с использованием новейших методов той эпохи. Большой вклад в эту деятельность внесли Петр I и его сподвижники, кроме того развитию гидрографии, картографии и метеорологии способствовала работа контр-адмирала Корнелиуса Крюйся. Весомый вклад в изучение Нижнего Дона и Азовского моря внесли моряки Азовской флотилии: А. Шхонбек, А. Бергман, контр-адмирал П.П. Бредаль, вице-адмирал А.Н. Сенявин, капитан 1-го ранга П.И. Пущин, младшие морские офицеры Д. Аненков, Г. Корякин, Г. Южаков.

При написании статьи проводилось изучение литературных источников и экспозиции Таганрогского историко-литературного архитектурного музея – заповедника, а также материалов ЮФУ и ЮНЦ РАН.

В статье приводится описание съемочных, гидрографических, картографических и метеорологических работ, выполненных моряками Азовской флотилии в период царствования Петра I, Анны Иоанновны и Екатерины Второй.

В конце XVII в. Петр I начал осуществлять крупные социальные реформы в России, создавать морской флот, для чего требовались удобные и безопасные выходы к Азовскому и Балтийскому морям. Создаваемый флот нуждался в точных географических картах. Конец XVII – начало XVIII в. – время появления первых морских гидрографических карт, выполненных на основе инструментальных, хотя и довольно примитивных съемок во время специальных гидрографических экспедиций. Географические исследования становились организованными, систематическими, стали носить научный характер.

Юг России стал первым регионом военных и экономических реформ молодого царя Петра. На Азовском море начали прорубать первое окно в Европу.

В конце XVII в. географические съемочные экспедиции проводились контр-адмиралом Корнелиусом Крюйсом, при непосредственном участии Петра I и по его заданию на Азовском и Чёрном морях. Крюйс уделял немалое внимание работам по картографированию Азовского моря и реки Дон. Новейшие для того времени гидрографические работы охватили бассейн и течение р. Дон – от Воронежа до Азова.

В 1699 г. во время Керченского похода Петра I (из Воронежа – через Азов – в Керчь) была создана первая российская карта. Карта Дона, выполненная Крюйсом, стала первой картой в точном смысле этого слова: градусная сетка, точность измерений, отличаясь от прежних древнерусских земных чертежей, в которых расстояния определялись временем в пути и пояснительными описаниями. Она была выполнена с использованием математической основы, отпечатана в гравировальной мастерской при Оружейной палате – первом в России учреждении, издававшем карты (рис. 1).

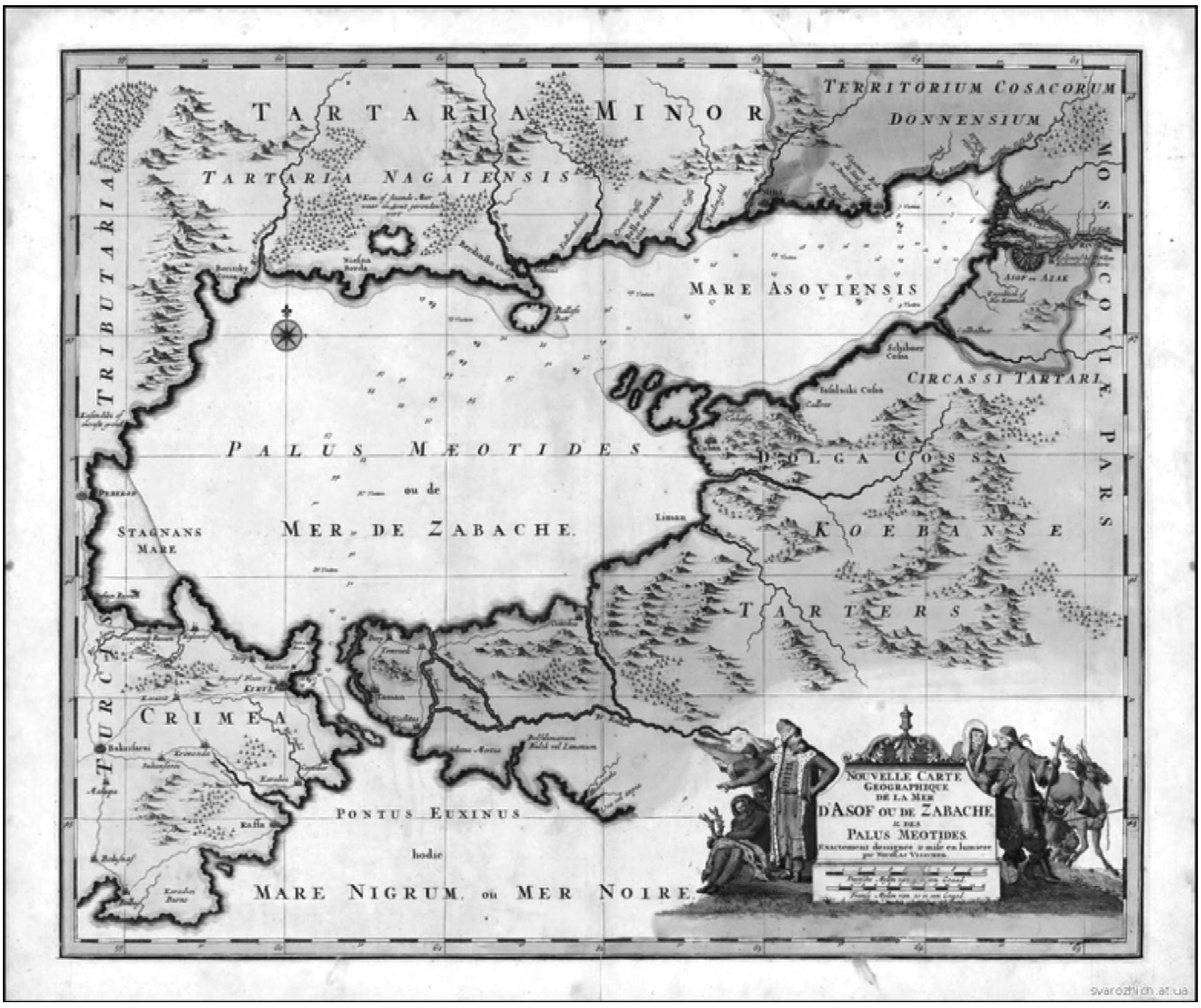


Рис. 1. Карта Азовского моря XVII в.

В конце апреля 1699 г. большая эскадра из 586 кораблей начала Керченский поход. Командиры 3 кораблей – капитан Пётр Алексеевич Романов, контр-адмирал Корнелий Иванович Крюйс и капитан Питер Памбург вели инструментальную съемку Дона от Воронежа до впадения в Азовское море (1300 км). Она сопровождалась описанием берегов, регулярными замерами глубины, прокладыванием фарватера и астрономическими определени-

ями широты местности. Отмечались места удобные для стоянки войск и форсирования р. Дон, выходы на поверхность строительного камня, песка, а также родники. Со съемки Дона начался петровский период топографических работ в Европейской России. Делались попытки описать театр боевых действий.

23 июня русский флот вошел в Таганрогский залив. Идея создания Таганрогской гавани возникла в 1696 г. Это обстоятельство обусловило необходимость проведения целого комплекса географических исследований и изысканий: картографических, гидрографических и метеорологических. Парусный флот нуждался в данных о глубинах, фарватере, подводных и надводных течениях, структуре и рельефе дна, донных отложениях, удобных местах стоянки кораблей, а также в «розе ветров», силе ветра, погодных явлениях. Для строительства крепости и порта были необходимы данные о строительных материалах, грунтах, лесах, рельефе и морфологии окружающих ландшафтов, источниках воды (особенно питьевой).

Тогда же начались гидрографические изыскания в районе Миусского полуострова и одноименного лимана, а также мыса Таган-Рог. Производились они в течение 2 лет инженерами К. Руэлем, А. де-Лавалем и М. Симонтом, который по рекомендации барона Э.-Ф. Боргсдорфа был назначен строителем Таганрогской гавани.

В походе К. Крюйс при участии Петра I заснял северо-восточное побережье Азовского моря на протяжении почти 500 км и выполнил многочисленные замеры глубины, давшие от 4,3 м до 19 м. На основе этих замеров было решено место гавани перенести из устья Миусского лимана на мыс Таган-Рог, также был обустроен фарватер в Таганрогском заливе, а на отмели оборудовали искусственный остров-форт Черепаха.

В 1703 г. карта вошла в «Атлас реки Дона и Азовского моря». Атлас был издан в Амстердаме. При использовании атласа стало возможно проводить российский флот через мелководное устье Дона в Азовское море, а из него – далее в Чёрное море.

8–10 апреля 1722 г. по указу Петра I начались систематические наблюдения за погодой (ветер, температура, осадки и погодные явления), в которых нуждались моряки. Руководил этими метеонаблюдениями вице-адмирал К. Крюйс. Он же в дальнейшем и руководил созданием системы метеорологических наблюдений в России.

В Петровскую эпоху география занимала неоспоримое первое место среди других наук, помогая Петру Великому в проведении его крупных политических, военных и экономических реформ. Кроме того, использование разнообразных природных ресурсов огромной территории России было бы невозможно без представления об их географическом размещении.

Второй большой этап съемки Азовского моря возобновился по указу императрицы Екатерины II. В феврале 1768 г. вице-адмирал Сенявин Алексей Наумович, командующий Азовской военной флотилией, лично руководил промерами в Таганрогской гавани. К концу 1768 г. была составлена карта участка Азовского моря возле устья Дона до глубины 15 футов (рис. 2).

В 1770 г. капитан первого ранга Сухотин проводил промеры вдоль берега до реки Берды и до косы Бердинской. Кроме того, были определены широты Азова и Таганрога, магнитные склонения, характер возвышений воды, зависимость от направления и силы ветра. В 1772 г. работы по топографической съемке продолжились от Слободы Гнилой до реки Миус. Таким образом была проведена инструментальная съемка с северного берега Азовского моря.

В XVII–XVIII вв. военные являлись движущей силой в развитии географической науки. Военные цели и задачи стимулировали развитие научных аспектов географии. Делались первоначальные попытки описаний театров боевых действий на суше и на море.

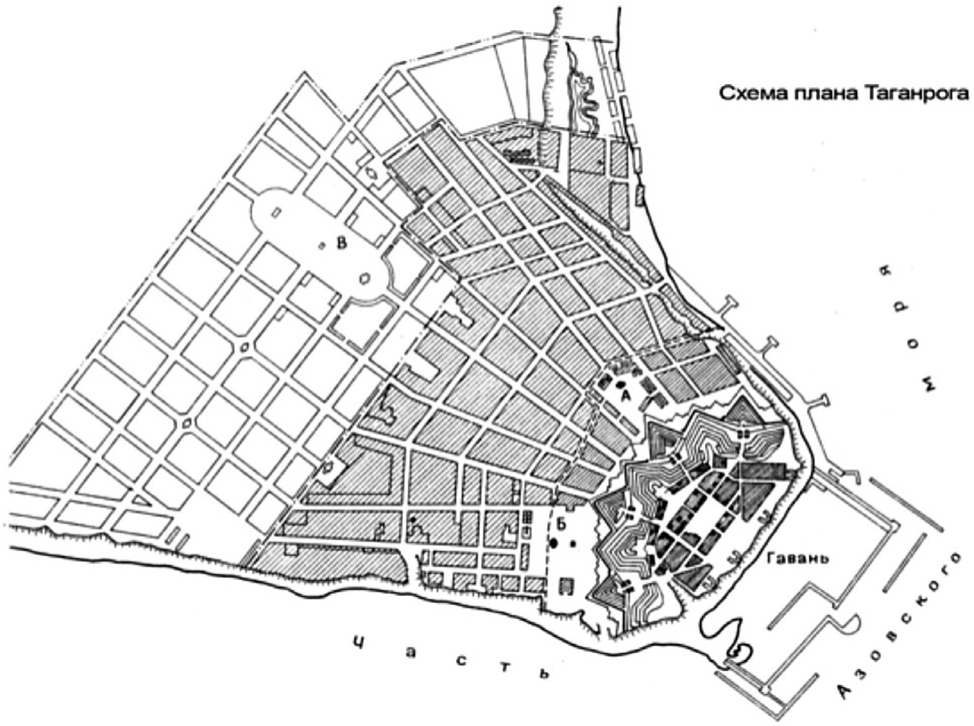


Рис. 2. Схема плана г. Таганрога XVIII в.

Значимость исследований Азовского моря неоспорима и в наши дни как для военных, так и гражданских целей. В настоящее время данными задачами заняты как гидрографы Черноморского флота, так и ЮНЦ РАН (под руководством академика Г.Г. Матишова), а также ЮФУ (Институт наук о Земле, кафедра океанологии), ФГУ «Азовморинформцентр».

В планы нашего объединения вошло расширение контактов с Институтом наук о Земле ЮФУ и ФГУ «Азовморинформцентр» и создание в Таганроге школьной секции Молодежного клуба Ростовского отделения Российского географического общества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богучарсков В.Т.* История географии, М.: Ростов н/Д., 2004.
2. Задачи преобразования Таганрога: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (29–30 января 2013 г.). Таганрог, 2013.
3. *Звонарев П.В.* Край родной. Ростов н/Д., 1969.
4. *Карпов А.Н., Коган В.Г.* Азовский флот и флотилии. Таганрог, 1994.
5. *Магидович В.И., Магидович И.П.* Географические открытия и исследования XVII–XVIII вв., М., 2004.
6. *Нагорный Б.А.* География Ростовской области. Ростов н/Д., 1985.
7. Петровские укрепления Миусского полуострова: [текст]: сб. / НФ «Таганрог Исторический»; [редкол.: Павленко И.Е. и др.]. Таганрог, 2014. 183 с.

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

ПАВОДКОВАЯ АКТИВНОСТЬ р. КУБАНЬ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ СТАНИЦЫ ТРОИЦКОЙ КУБАНСКОЙ ОБЛАСТИ В XIX в.

А.В. Дюкарев

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
mr.dk72an@yandex.ru

Казачья станица Троицкая Кубанской области (ныне Крымского района Краснодарского края) была образованна в 1865 г., после того как территория Закубанья присоединилась к Российской империи и утихли сражения так называемой Кавказской войны.

Станица появляется в рамках возведения военных укреплений Верхне-Адагумской коммуникационной линии на левом берегу Кубани, связывающих крепость Копыл (ныне Славянск-на-Кубани) на реке Кубань с Константиновским укреплением на берегу Цемесской бухты.

С начала основания и дальнейшего развития в XIX в. ст. Троицкая испытывала влияние сезонной паводковой активности р. Кубани, горных рек и низинного расположения географического ландшафта. В рамках программы статистико-этнографических описаний населенных мест, разработанной Е.Д. Фелициным, исследователь А.В. Липинский сделал описание казачьей ст. Троицкой: «Местность, занятая станицею и прилегающая к ней, во многих отношениях представляет неудобные условия для экономического благосостояния населения. Совершенно ровная, низменная площадь, илистый грунт земли, на котором поселена станица, способствуют значительному скоплению, в период сильных дождей и быстрого таяния весною снега, влаги, которая во впадинах держится довольно продолжительное время, подвергается гниению и служит главным источником разного рода болезней, преимущественно перемежающихся лихорадок» [Липинский, 1883].

Своеобразие месторасположения Троицкой станицы заключалось в том, что она должна была «пускать свои корни» и пытаться расцвести на стыке низменной равнины и предгорий, где соперничали друг с другом своенравная и многоводная Кубань и малые в размере, но многочисленные и неукротимые в весенний сезон горные речки. Внимательно

ный и пытливый ум исследователя казачьего края отметил: «... быстрое таяние в верховьях Кубани и вообще в горах снегов, частые проливные дожди, наполняющие русла горных соседних и других рек, грозят постоянным наводнением. Кубань нередко переполняется, выходит из берегов и затопляет левый, совершенно низменный берег, причиняя населению значительные убытки и в конец расстраивая экономическую состоятельность отдельных лиц… Все окрестности во время разлития Кубани представляют одно сплошное море воды, с торчащими кое-где верхушками растений, и всякое сообщение станичных жителей с остальным миром прерывается на более или менее продолжительное время» [Липинский, 1883].

Так чем же тогда руководствовались казаки и власти при организации новой закубанской станицы? Казаки подчинялись приказу, так как к 1960-м гг. стали законопослушным этносоциальным элементом в государственной структуре Российской империи. А войсковое начальство руководствовалось стратегическими соображениями. Станица Троицкая поселялась и обустраивалась на месте бывшего Новоохранного поста, который прикрывал и контролировал самую удобную в округе переправу через реку Кубань. Поэтому военно-стратегические выгоды перевешивали хозяйственно-экономические.

Как показали последующие события, игнорировать природные явления не стоит, так как им нет дела до людских планов и намерений. Природные закономерности необходимо учитывать, пытаться к ним адаптироваться или видоизменять окружающую среду во избежание печальных последствий. С 1877 г. ст. Троицкая испытывает повторяющиеся каждый год наводнения, которые сделали невозможной хозяйственную деятельность. Лишившись своих земельных наделов, скрытых паводковой водой, жители обращаются к вышестоящему начальству за помощью: «…мы, нижеподписавшийся сход общества жителей ст. Троицкой Темрюкского уезда… в числе 133 человек, имеющих право голоса на сходах, …имели суждение о нашем критическом и бедственном положении, так как юрт нашей земли почти весь залит водою и осталось самое ограниченное число земли не более 1500 десятин и которая удобна и нужна только для пастьбы нашего скота, да и та во многих местах находится на островках, мало доступных для проезда… Поэтому мы с общего нашего согласия настоящим приговором постановили: убедительнейшее просить Высшее начальство… отвести нам для пользования удобной земли» [ГАКК. Ф.574. Оп. 1. Д. 1212. Л. 2 – 2 об].

Данный приговор жителей ст. Троицкой был направлен Темрюкскому уездному начальнику, который адресовал его выше по инстанции в г. Екатеринодар, и механизм реагирования чиновничьего аппарата на нужды народа заработал. Уже к концу этого же августа месяца в ст. Троицкую был направлен чиновник Кубанской областной межевой комиссии для осмотра и документирования истинных масштабов наводнения. «В течение 1877 года, по показанию доверенных ст. Троицкой, три последовательных наводнения залили юрт означенной станицы. Первое наводнение произошло между 12 февраля и 10 марта. Причиною его было скопление льда в месте отделения от Кубани рукава её, р. Протоки. Скопившийся лед, не имея свободного прохода, запрудил реку, вышедшую поэтому из берегов. Второе наводнение, происходившее между 26 апреля и 15 мая, и третье – между 12 июля и 11 августа, как можно полагать, происходили от дождей и сильного таяния снега в верховьях р. Кубани… по осмотру оказалось, ... [что] из числа 16000 десятин юртовой земли не залитыми водой оказались 3966 десятин. Земля эта в настоящее время разделена жителями, за исключением оставленной для выгона, по числу душ мужского пола от 17[-]летнего возраста на 370 участков по 2 десятины в каждом [ГАКК. Ф. 574. Оп. 1. Д. 1212. Л. 12–15].

Чиновники в Екатеринодаре активно прорабатывали вопрос о возможности выделения жителям станицы Троицкой, по их прошению, земель в районе ст. Славянской и войскового Красного леса, но удовлетворить данную просьбу не нашли возможным.

Спустя четыре года, в ноябре 1881 г., мы можем наблюдать хронику стихийного бедствия, которое из года в год разоряло ст. Троицкую: «Акт. 1881 года ноября 24 дня... залития (наводнения. – Прим. авт.) были: первое между 12 февраля и 10 марта 1877 года, второе в том же году между 26 апреля и 15 мая, третье между 12 июля и 11 августа того 1877 года. В 1878 году: между 15 мая и 15 июня, между 26 июня и 20 августа. В 1880 году: между 3–20 марта, между 2 апреля – 21 мая и в 1881 году: между 8–12 января и 17 мая. Из всех этих залитий было наивысшим по уровню 8–12 января сего года, произошедшем от затора льдом р. Кубани в двух верстах ниже станицы Троицкой и Протоки в юрте станицы Славянской. <…> В настоящее время, как показали определения и вычисления... в юрте станицы Троицкой находится земли: а) залитых водой, представляющих форму больших лиманов, частью с плесами, частью покрытых камышом и другими болотными растениями 13587 десятин 1895 саженей; б) временно залитых водой 1057 десятин 312 саженей, выгоном, тоже временно заливаемом водою под станицею 295 десятин 1625 саженей, кустарником и лесом; то же временно заливаемыми водою 226 десятин 900 саженей, под дорогами 87 десятин 240 саж[еней]» [ГАКК. Ф. 574. Оп. 1. Д. 1212. Л. 57–58].

Вот такая безрадостная картина предстает перед нами в официальных документах эпохи освоения Закубанья в 1870–1880-е гг., где мы видим, что ст. Троицкой очень трудно было встать на ноги и прирастать благосостоянием своих жителей, которые вместо радости от обильного кубанского урожая испытывали разочарование от несбывшихся надежд. Между станичниками пошли разговоры о невозможности и нежелании жить в столь неблагополучном месте и необходимости перемены места жительства. Казаки обратились к вышестоящим властям от имени всего станичного общества после наводнения 8–12 января 1881 г.: «Темрюкский уездный начальник. № 778 от января 23 1881 года. Рапорт. Вчера прибыл ко мне Троицкой станицы Атаман урядник Кравчук, который, по уполномочию жителей подведомственной ему станицы, заявил что станица Троицкая на настоящем месте поселения оставаться не может, так как жители ее, вследствие повторяющихся в течении 4-х лет наводнений, лишились большей части своих хозяйств…» [ГАКК. Ф. 574. Оп. 1. Д. 1636. Л. 4 – 5 об].

Тяжелое положение жителей ст. Троицкой вызванное систематическими наводнениями, которые повлекли проблему земельного обеспечения, становится «головной болью» для войсковых чиновников, и в первую очередь для уездного начальника. Спустя неделю он пишет очередное донесение в Екатеринодар, пронизанное глубокой тревогой: «Темрюкский уездный начальник. № 1354 от 2 февраля 1881 года. Господину Начальнику Кубанской области. Разлив на Крымско-Троицкой дороге был значительно меньше прошлогоднего и не мог грозить станице Троицкой, если бы не случилось в ночь на 16 января затора льда на реке Кубани ниже станицы. Затор этот запрудивши речку, заставил воду вылиться из берегов, и она ринулась в огромном количестве на юрт станицы Троицкой, залив и Троицко-Крымскую дорогу, а дальше все прибрежные земли и вылилась в прилегающие плавни. Разлив этот, можно сказать, уничтожил станицу, так как жители уже более не могут оставаться на месте; им более или менее повреждено 98 домов, 5 совершено разрушено и затоплено 620 десятин посевов… Все жители разорены в конец, а 50 семейств нуждаются в дневном пропитании и без энергичной, немедленной помощи существовать решительно не могут, тем более что заработков в настоящее время нет никаких» [ГАКК. Ф. 574. Оп. 1. Д. 1636. Л. 6 – 6 об].

В течение ряда лет решался вопрос о выделении жителям ст. Троицкой нового земельного надела в безопасном месте для переселения и основания новой станицы. Однако среди самих жителей не было согласия относительно необходимости переселения и количества и качества новых земель. Часть жителей выселилась в другие станицы, основная же масса осталась на старом месте.

Регулярные наводнения, в силу природно-географических особенностей расположения станицы Троицкой, требовали от станичников принятия мер, чтобы обезопасить себя от стихии. На средства станичного правления на реке Кубани начали строить дамбу под руководством подрядчика Черного Артема Демидовича. В 1889 г. строительство было завершено, это несколько обезопасило станицу от постоянных разливов реки Кубань. Под напором стихийных бедствий в виде наводнений население ст. Троицкой не отступило, казачье поселение осталось на месте, продолжало расти и развиваться.

Однако пример ст. Троицкой демонстрирует зависимость человеческого общества от природных явлений и стихийных бедствий, которые могут активно влиять на экономическую и социальную жизнь. Можно утверждать, что в XXI в. человечество было так же беззащитно перед опасными природными явлениями, как и сейчас, даже несмотря на технологические достижения цивилизации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный архив Краснодарского края (ГАКК). Ф. 574. Оп. 1. Д. 1212. Л. 2–2об.; Л. 12–15; Л. 57–58;
2. ГАКК. Ф. 574. Оп. 1. Д. 1636. Л. 4 – 5 об.; Л. 6–6об.
3. *Липинский А.В.* Троицкая станица: Статистическое описание // Кубанский сборник. Т. I. Екатеринодар, 1883. С. 691, 692.

ОБРАБОТКИ ВОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ЦЕЛЬЮ ИНАКТИВАЦИИ БАКТЕРИЙ

М.А. Бажутова

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград
mariy.bazhutova@yandex.ru

Предложено технологическое решение комплексной обработки воды электрическим полем и пероксидом водорода, позволяющее инактивировать находящиеся в воде бактерии. При данном виде обработки вода способна поддерживать достигнутое качество обеззараживания, что является преимуществом как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Несмотря на многообразие методов очистки и дезинфекции воды, остается актуальным вопрос поиска технологических режимов обработки воды, которые позволяли бы предотвратить развитие микробиологического загрязнения в системах очистки и транспортировки воды с целью обеспечения штатной работы оборудования и сохранения ее качественных характеристик при минимальных затратах энергии и реагентов [1; 2].

В качестве выдвинутых задач были подбор режимов электрохимической обработки воды с целью ингибирования роста биокультур и их уничтожения, обеспечивающих высокое качество очистки при минимальных затратах электроэнергии. А также возможность интенсификации процесса при введении химического дезинфицирующего агента – пероксида водорода, как с целью достижения оптимальных параметров обезвреживания микробиологических загрязнений, так и с целью сохранения качеств обработанной воды на протяжении продолжительного времени.

По данным проведенных опытов, можно сказать о том, что электрохимическое окисление успешно можно применять при обеззараживании питьевой воды и различных сточных вод. Нами был проведен опыт, в котором применяли электрохимическую обработку для дезинфекции кишечной палочки в питьевой воде. Электрическое поле влияет на живую клетку и увеличивает дезинфицирующие возможности реагентов, что позволяет снизить их дозировку. Сами реагенты значительно снижают энергозатраты за счет того, что при их

добавлении увеличивается время сохранения качества обработанной воды без воздействия на нее электрического поля. Такое комплексное обеззараживание позволяет увеличить производительность всей системы.

Экспериментальные исследования по оценке качества электрохимического обезвреживания воды проводились в стационарном непроточном режиме в электролизере, емкостью 5 литров, с электродной системой из титановых нерастворимых электродов.

Общий объем исследуемой воды был разделен на две пробы: первая подвергалась периодическому воздействию электрического поля; вторая находилась при тех же условиях (открытая емкость, температура в пределах 20–24 °С, на свету) без обработки.

Электрохимическая обработка производилась воздействием постоянного тока силой I = 0,5 А, напряжение при этом составляло U = 18 В. Параметры обработки были выбраны исходя из возможно меньших расходов электроэнергии.

Согласно ГОСТ 24849-2014 «Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условия» [3], для выявления эффективности обработки на микроорганизмы были проведены бактериальные посевы проб воды на определение числа КОЕ (колониеобразующие единицы) – это показатель количества жизнеспособных микроорганизмов в единице объема (1 см^3), в жидкости (1 мл).

Согласно ГОСТ 31955.1-2013 «Вода питьевая. Обнаружение и количественный учет *Escherichia coli* и колиформных бактерий» [4] и СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» [5] КОЕ определялись стандартным методом.

В первой части исследований оценивалась эффективность обеззараживания в электрическом поле без добавления химических реагентов, во второй части оценивалось качество комплексной обработки (рис. 1, 2).

Результаты обработки позволяют говорить о высокой эффективности обеззараживающего действия (порядка 99 %) при прямом воздействии электрического поля (100 %) и значительном увеличении эффекта «последействия», достигающего при комбинированной обработке 20–25 дней.

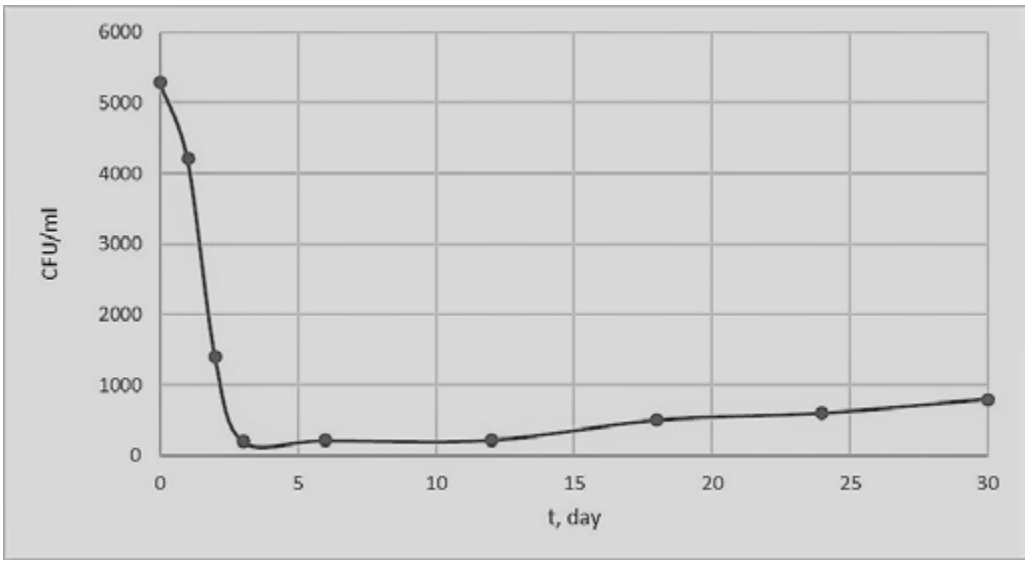


Рис. 1. Обеззараживание воды в электрическом поле
без добавления химических реагентов

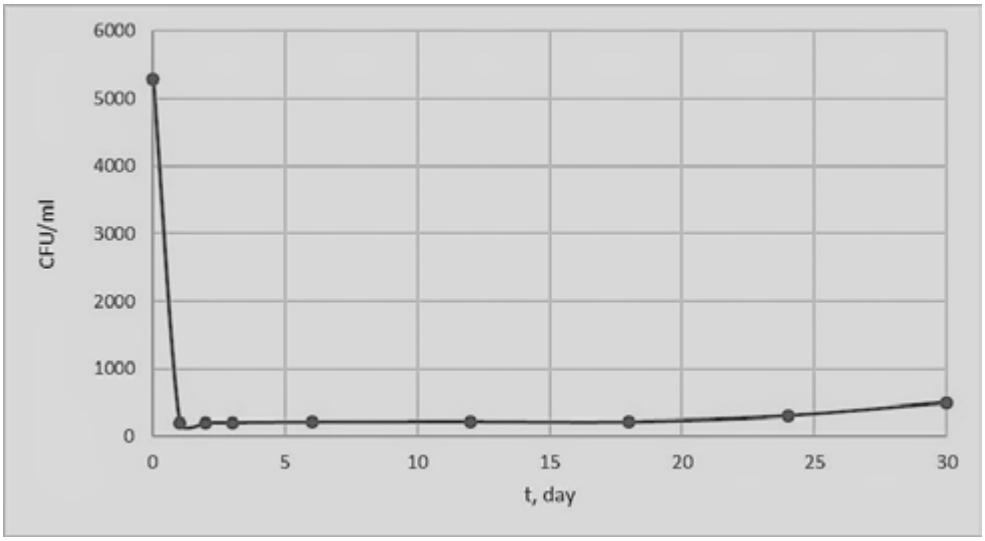


Рис. 2. Обеззараживание воды комбинированным методом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *McDonnell G., Russell A.D.* Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance // Clin. Microbiol. Rev. 1999. № 12. P. 147–179.
2. *Pooi C.K., Ng H.Y.* Review of low-cost point-of-use water treatment systems for developing communities // Clean Water. 2018. 1, 11. DOI:10.1038/s41545-018-0011-0.
3. ГОСТ 24849-2014 «Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условия»; введ. 2016-01-01. М.: Стандартинформ, 2015.
4. ГОСТ 31955.1-2013 «Вода питьевая. Обнаружение и количественный учет *Escherichia coli* и колиформных бактерий»; введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2014.
5. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1116-02.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМОННЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.П. Будник

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
budnik@ssc-ras.ru

Наноплазмонная сенсорика позволяет многократно повысить возможности датчиков систем экологического мониторинга к обнаружению и анализу сверхмалых количеств различных веществ [Stewart et al., 2008]. В её основе лежит явление поверхностного плазмонного резонанса (ППР), т.е. усиления собственных коллективных колебаний свободных носителей заряда в металлических наночастицах (НЧ) за счет поглощения энергии электромагнитного излучения падающей волны света [Майер, 2011]. В оптическом спектре ППР виден как полоса поглощения с максимумом на характеристической частоте (рис. 1а); профиль полосы поглощения определяется такими факторами, как форма и размер НЧ, величина диэлектрической проницаемости среды и др. [Liz-Marzan, 2006] Изменения положения максимума полосы поглощения ($\Delta\lambda_{max}$), высоты ($\Delta\varepsilon_{max}$) и ширины на полувысоте (Δfwhm) могут быть измерены в режиме реального времени (рис. 1а). Они являются основой наноплазмонной сенсорики: величина $\Delta\lambda_{max}$ позволяет оценить поверхностную плотность и массу адсорбата, $\Delta\varepsilon_{max}$ и Δfwhm отражают сдвиг в поглощении и проводимости материала.

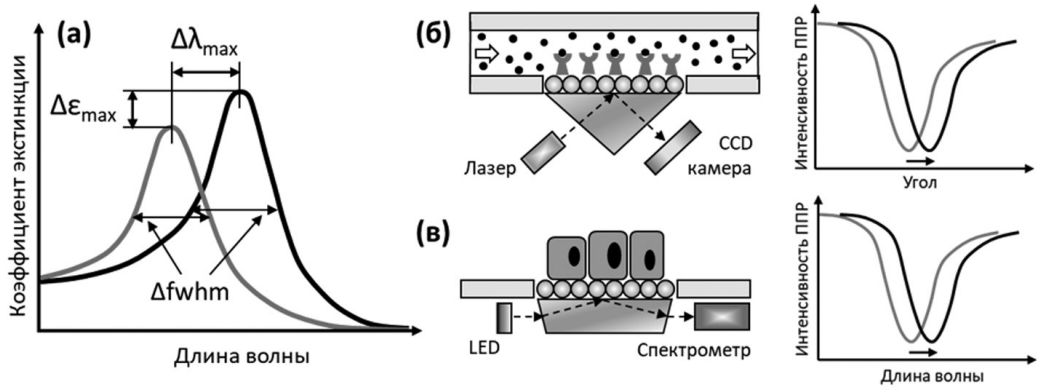


Рис. 1. Полоса поглощения ППР на оптическом спектре с измеряемыми параметрами (а), методы регистрации ППР по изменению угла отражения и длины волны света (б, в)

Технология ППР основана на регистрации изменения показателя преломления у поверхностного слоя сенсора. Типичный плазмонный сенсор содержит диэлектрическую призму с нанесенным наноструктурным слоем благородного металла для контакта с адсорбатом; регистрация полезного сигнала производится в геометрии Отто или Кречманна [Мамичев, 2012]. ППР проявляется как резкое уменьшение отраженного света от поверхности под резонансным углом, величина которого зависит от массы материала, вошедшего в контакт с

поверхностью сенсора (например, когда биомолекулы связываются с поверхностью и изменяют толщину поверхностного слоя) [Сотников и др., 2015]. Смещение угла ППР (рис. 1б) или изменение длины волны света (рис. 1в) на выходе сенсора можно отслеживать в режиме реального времени как график зависимости резонансного сигнала (пропорционального изменению массы) от времени.

Альтернативным решением является распределение металлических НЧ в объеме оптического элемента, доступ к которым обеспечивается за счет пористости (рис. 2а). Для получения экспериментальных образцов был разработан метод синтеза на основе золь-гель процесса, позволяющий получить образцы пористого силикатного стекла с золотыми НЧ, имеющими оптические характеристики близкие к коллоидному раствору золота [Budnyk, 2017]. В частности, синтезированные образцы обладают выраженной мезопористостью, как было определено по измеренным изотермам низкотемпературной сорбции азота (рис. 2б); разность в ходе кривых в области низких давлений вызвана наличием НЧ золота, частично блокирующих каналы и занимающих поры материала. Оптические спектры (рис. 2в), измеренные на пропускание и отражение, демонстрируют полосу ППР с положением максимума ок. 530 нм, что соответствует НЧ с размерами порядка 20 нм. Пористость образца позволила парам пиридина (0,001 М) проникнуть к НЧ золота, что было определено с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света. Из-за низкой концентрации молекул их наличие было выявлено лишь под действием индуцированного светом поля SERS-эффекту, т.е. гигантскому усилению колебаний молекул аналита благодаря ППР НЧ золота (показано во врезке на рис. 2в).

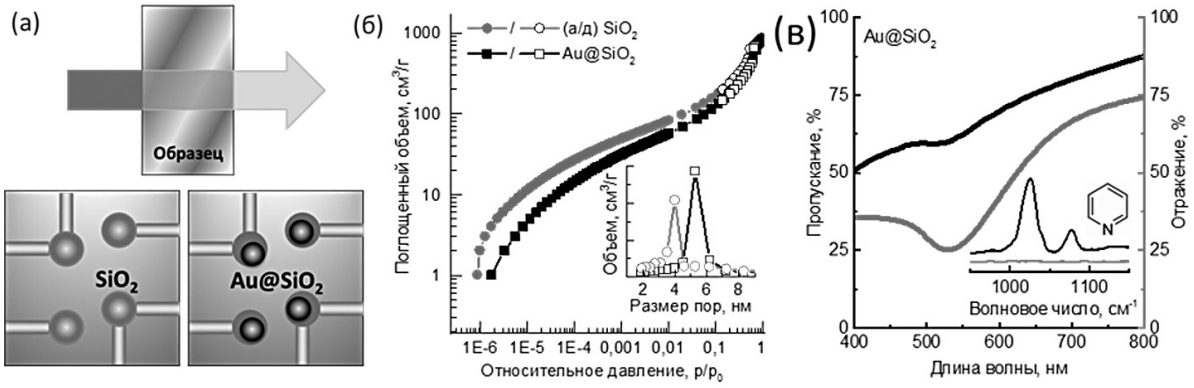


Рис. 2. Схематическое изображение оптически прозрачного образца пористого стекла без НЧ (SiO_2) и с золотыми НЧ ($Au@SiO_2$) (а), изотермы физисорбции азота с распределением пор во врезке (б), оптические спектры $Au@SiO_2$ и пример усиления спектра комбинационного рассеяния паров пиридина во врезке (в)

Датчики ППР широко используются в биосенсорике, биовизуализации, выявлении химических веществ, тестировании воды, обнаружении водных образцов, безопасности пищевых продуктов, мониторинге окружающей среды, обнаружении биологических аналитов и молекул газов [Rifat et al., 2017]. В связи с постоянным развитием технологии ППР она также используется в оптоэлектронных устройствах, таких как оптически настраиваемые фильтры, оптические модуляторы, контроль толщины пленки и «подсвечивание» веществ с помощью ППР [Li et al., 2012]. Кроме того, технология ППР позволяет интегрировать наноэлектронные и нанофотонные компоненты с целью получения ультракомпактных оптоэлектронных устройств.

Работа выполнена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2020 г.; гр. проект № АААА-А19-119040390084-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Майер С.А.* Плазмоника: теория и приложения. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. 296 с.
2. *Мамичев Д.А., Кузнецов И.А., Маслова Н.Е., Занавескин М.Л.* Оптические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа // Молекулярная медицина 2012. № 6. С. 19–27.
3. *Сотников Д.В., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б.* Детекция межмолекулярных взаимодействий, основанная на регистрации поверхностного плазмонного резонанса // Успехи биологической химии. 2015. № 55. С. 391–420.
4. *Budnyk A.P., Cherkasova S.O., Damin A.* One-pot sol-gel synthesis of porous silica glass with gold nanoparticles // Mendeleev Communications. 2017. 27 (5). P. 531–534.
5. *Li M., Cushing S.K., Wu N.* Plasmon-enhanced optical sensors: a review // Analyst. 2015. 140. P. 386–406
6. *Liz-Marzan L.M.* Tailoring Surface Plasmons through the Morphology and Assembly of Metal Nanoparticles // Langmuir. 2006. 22. P. 32–41.
7. *Rifat A.A., Ahmed R., Yetisen A.K., Butt H., Sabouri A., Amouzad Mahdiraji G., Yun S.H., Mahamd Adikan F.R.* Photonic crystal fiber based plasmonic sensors // Sensors and Actuators B: Chemical. 2017. 243. P. 311–325.
8. *Stewart M.E., Anderton C.R., Thompson L.B., Maria J., Gray S.K., Rogers J.A., Nuzzo R.G.* Nanostructured Plasmonic Sensors // Chem. Rev. 2008, 108. P. 494–521.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕТЕКЦИИ РАСТВОРЕННЫХ В ВОДЕ ВЕЩЕСТВ

А.Б. Будник, Т.А. Ластовина

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
budnik@ssc-ras.ru

Высокий уровень загрязнения водных бассейнов химическими веществами является общемировой проблемой как в контексте обеспечения питьевой водой населения, так и для сохранения биоразнообразия водной фауны и флоры. Любое использование воды для хозяйственной деятельности или гигиены ведет к ее загрязнению, которое также может оказаться опасным (токсичным) для живых организмов. Загрязнители воды имеют органическую, неорганическую и биологическую природу; наибольшую проблему представляют собой ионы тяжелых металлов – они не могут быть легко разложены в природных условиях, и накапливаясь в водоемах, угрожают здоровью человека через всю пищевую цепочку [Bolisetty et al., 2019]. Кроме того, активное использование полимерных материалов в промышленности и обиходе ведет к растущему загрязнению микропластиком пресных и морских вод [Ластовина и др., 2020].

Для очистки сточных вод или подготовки воды к дальнейшему потреблению используются различные физические, химические и биологические методы, такие как флотация, осаждение, окисление, экстракция растворителем, испарение, адсорбция на углероде, ионный обмен, мембранная фильтрация, электрохимия, биоразложение и фиторемедиация. Каждый из этих методов имеет свои сильные и слабые стороны; и в силу комплексного характера загрязнения, не существует единого универсального метода очистки воды [Crini, Lichtfouse, 2019]. Тем не менее наиболее часто используется адсорбция на активированном углероде, поскольку она дает наилучшие результаты с точки зрения эффективности и технической осуществимости в промышленном масштабе.

Бурное развитие нанотехнологий в последние десятилетия позволило получить различные аллотропные формы углерода – нанотрубки, фуллерены, слои графена и восстановленного оксида графена, равно как и значительно продвинуться в понимании их основных свойств. Именно благодаря своим уникальным физическим, химическим и биологическим свойствам, плоские и цилиндрические углеродные наноструктуры стали перспективными кандидатами для использования в новом поколении миниатюрных биосенсоров для экспресс-анализа загрязнения воды [Ramnani et al., 2015].

Биосенсоры как класс химических датчиков представляют собой автономные интегрированные устройства для получения полуколичественной аналитической информации благодаря интеграции элемента биораспознавания с элементом преобразования. Распознающий элемент обладает селективностью по отношению к определенному аналиту (фермент, антитело или ион), а преобразователь преобразует факт химического взаимодействия в измеряемый электрический сигнал. Графен и нанотрубки обладают ярко выраженными

электрохимическими свойствами, такими как более быстрая кинетика переноса электронов, низкий остаточный ток, легко возобновляемая поверхность, широкое потенциальное окно и повышенные токи со значительным снижением избыточного потенциала, что стимулирует большое число исследований по их использованию в качестве преобразователя биосенсора (рис. 1).

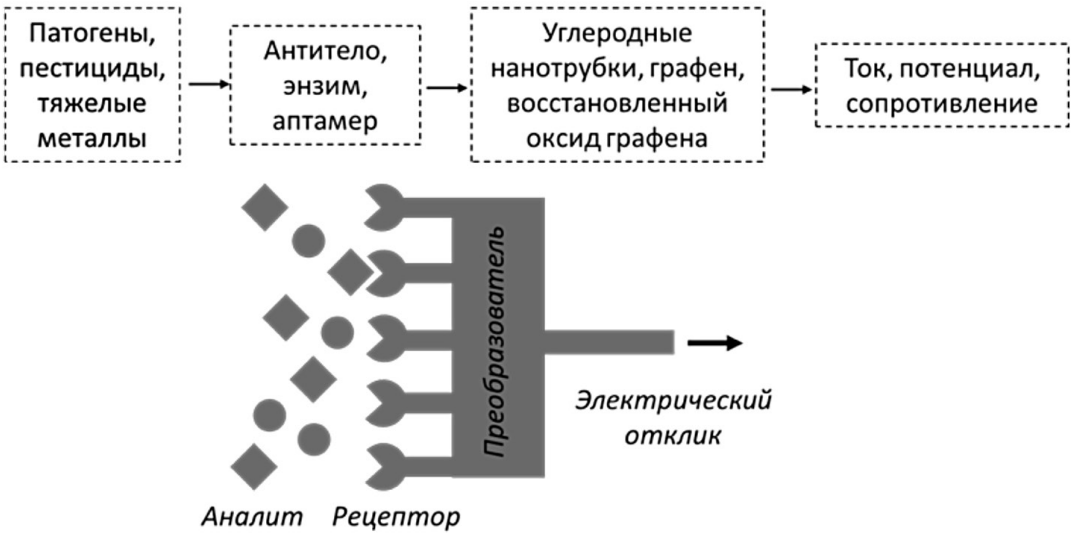


Рис. 1. Схема биосенсора на основе углеродных наноструктур

Для получения углеродных наноматериалов часто используют высокотемпературный синтез в присутствии металлических катализаторов, при котором термическое разложение углеродосодержащих веществ сопровождается газофазным химическим осаждением с формированием углеродной кристаллической структуры [Lim et al., 2018]. Одним из современных подходов является пиролиз координационных полимерных структур, позволяющий получить электрохимически активные углеродные структуры, равномерно допированные гетероатомами и 3d-элементами [Lastovina et al., 2018]. Для целей производства активных углеродных структур в промышленных масштабах всё большее значение приобретает пиролиз биоматериалов растительного происхождения [Chernysheva et al., 2018]. Задачи получения наноструктурных материалов с заданными свойствами стимулируют дальнейшие научно-практические изыскания в этой области.

Работа выполнена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2020 г.; гр. проект № АААА-А19-119040390084-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ластовина Т.А., Галушка С.С., Бескопыльный Е.Р., Клещенков А.В., Филатова Т.Б., Пляка П.С., Будник А.П.* Загрязнение микропластиком природных водоемов: концентрации, риски и методы исследований (раздел 7.5) // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе / отв. ред. д.г.н. С.В. Бердников. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 237–255.

2. *Bolisetty S., Peydayesh M., Mezzenga R.* Sustainable technologies for water purification from heavy metals: review and analysis // Chem. Soc. Rev., 2019. 48. P. 463–487.
3. *Chernysheva D.V., Chus Y.A., Klushin V.A., Lastovina T.A., Pudova L.S., Smirnova N.V., Kravchenko O.A., Chernyshev V.M., Ananikov V.P.* Sustainable utilization of biomass refinery wastes for accessing activated carbons and supercapacitor electrode materials // Chem. Sus. Chem. 2018. 11. P. 599–3608.
4. *Crini G., Lichtfouse E.* Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment // Environ. Chem. Lett. 2019. 17. P. 145–155.
5. *Lastovina T., Budnyk A., Pimonova Y., Bugaev A., Fedorenko A., Dmitriev V.* Step-by-step synthesis of a heteroatom-doped carbon-based electrocatalyst for the oxygen reduction reaction // Electrochemistry Commun. 2018. 88. P. 83–87.
6. *Lim J.Y., Mubarak N.M., Abdullah E.C., Nizamuddin S., Khalid M., Inamuddin.* Recent trends in the synthesis of graphene and graphene oxide based nanomaterials for removal of heavy metals – A review // J. Ind. Eng. Chem. 2018. 66. P. 29–44.
7. *Ramnani P., Saucedo N.M., Mulchandani A.* Carbon nanomaterial-based electrochemical biosensors for label-free sensing of environmental pollutants // Chemosphere. 2016. 143. P. 85–98.
8. *Thévenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S.* Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification // Biosens. Bioelectron. 2001. 16. P. 121–131.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ

М.М. Белая

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
mashabogat@gmail.com

Биологическое разнообразие популяций является залогом гармоничного существования экосистемы водоемов. Ухудшение экологического состояния водоемов ведет к изменению структур популяций всех гидробионтов и нарушает баланс экосистемы в целом.

Всё больше биотические и абиотические факторы оказывают негативное влияние на акватории нашей страны. Изменение климата, гидростроительство, применение пестицидов в сельском хозяйстве, загрязнение бытовыми стоками и мусором, в частности пластиком, браконьерство, ведет к сокращению численности, а иногда и к исчезновению, популяций ценных видов гидробионтов, отмечается вытеснение их малоценными видами с коротким циклом развития. Особенно уязвимы рыбы с длинным циклом развития, в частности осетровые.

Волго-Каспийский бассейн остается основным местом естественного и искусственного воспроизводства осетровых рыб. В результате гидростроительства площади естественных нерестилищ осетровых в р. Волга сократились с 3390 до 430 га, реки Сулак и Терек почти потеряли значение для естественного воспроизводства. Ежегодный пропуск производителей на оставшиеся нерестилища р. Волги – 22 тыс. экз. (2003–2011 гг.), что в 40 раз меньше, чем в начале 1980-х гг. Сокращение численности производителей повлияло и на объемы искусственного воспроизводства. Так, выпуск молоди в 2012 г. сократился в 2,5 раза по сравнению с началом 1980-х гг. – 20,0 и 50,6 млн экз. в год, соответственно [Ходоревская, Калмыков, 2014]. В результате зарегулирования русел рек возникают новые гидрологические условия – образование обширных пространств без ориентиров и постоянного потока, появление глубоководных участков с вертикальными градиентами, что негативно влияет на эффективность покатной миграции молоди рыб. Это связано с тем, что для преодоления новых гидрологических условий на пути миграции молодь тратит больше энергии, и требуется изменение поведенческих реакций на самых ранних стадиях жизненного цикла [Pavlov, Mikheev, 2017; Павлов и др., 2020].

В результате широкомасштабного гидростроительства и неэффективной работы рыбопропускных шлюзов естественные нерестилища, находящиеся выше плотин, стали недоступными для большинства проходных и полупроходных видов рыб [Сатаров, 1998; Тевяшова и др.,1998]. Так, азово-черноморская шемая, являющаяся когда-то массовым видом, потеряла промысловое значение [Никольский, 1971], а впоследствии занесена в Красную книгу России [2000] и Ростовской области [Редкие … 1996; Головко и др., 2013].

На фоне снижения численности промысловых рыб отмечается сокращение возрастного ряда и уменьшение среднего возраста нагуливающихся особей. Это относится не только к частиковым рыбам, но и к более крупным представителям ихтиофауны. Например, в популяциях русского осетра и севрюги преобладает молодь (70–90 %), а средняя масса снизилась до 5 и 4 кг соответственно [Коноплева и др., 2007]. На нерест идут в основном впервые нерестующие особи. Доля самок русского осетра в нерестовой части популяции снизилась с 48,6 % в 1981 г., до 9,2 % в 2011 г., севрюги – с 47 до 8 % [Сафаралиев и др., 2012; Ходоревская, Калмыков, 2014].

Применение пестицидов, гербицидов и удобрений в сельском хозяйстве также негативно отражается на экологическом состоянии водных экосистем и их обитателях.

Накопление нитритов в водоемах опасно для многих видов рыб. Проникая через покровы тела и жаберный аппарат в кровь, нитриты образуют метгемоглобин, что вызывает гемическую и гистотоксическую гипоксию, которая может привести к летальному исходу [Шахмурзов и др., 1998; Шахназарова и др., 2010].

Кроме того, наличие в воде загрязняющих веществ различной природы приводит к нарушению генетического гомеостаза у рыб и появлению различных морфологических аномалий. Действие поллютантов на организм рыб увеличивается во время критических периодов развития (гаметогенез, гаструляция; органогенез; выход из яйцевой оболочки, переход на внешнее питание). Поэтому целесообразно регулярно проводить мониторинг морфометрических признаков и физиологического состояния рыб, особо чувствительных к токсикантам, это позволит оценить экологическую обстановку водоема.

Многие виды используются в качестве тест-объектов. Одним из таких видов является щука. В результате загрязнения воды тяжелыми металлами у особей отмечены аномалии строения органов – сердца, печени, почек и жабр [Шакирова, Бикташева, 2010], а в районах сточных вод целлюлозных заводов – деформации костей черепа [Праздников, 2015].

Подобные аномалии также отмечаются у осетровых [Акимова и др., 2004] и карповых рыб [Евланов и др., 1999; Минеев, 2012] в условиях интоксикации водоемов.

Многие токсиканты, способные накапливаться в организме рыб, представляют угрозу не только их жизни. Некоторые виды рыб способны переносить поллютанты на очень большие расстояния, совершая миграции. Уникальный пример направленного переноса биогенных элементов в океане – нерестовые миграции анадромных рыб, в частности, тихоокеанских лососей рода Oncorhynchus. Они нагуливаются в океане, а их нерест и раннее развитие проходят в пресной воде, в реках и озёрах. Перед нерестовой миграцией лососи накапливают большое количество жировой ткани, а вместе с ней и токсиканты, в частности хлорорганические пестициды, из морской среды [Krummel et al., 2003], что ухудшает метаболические процессы и снижает эффективность репродукции [Wong et al., 2012]. Погибающие после нереста миллионы экземпляров рыб оставляют на нерестилищах в составе своих тушек и скелета значительное количество органического вещества, необходимого для развития икры и выживания молоди, а также и токсиканты.

В 2008 г. поступление пестицидов за счет лососей в разные районы тихоокеанского побережья России варьировало в пределах 0,5–4,0 кг, в 2009 г. – 0,5–13,1 кг, в 2010 г. – 0,3–7,8 кг.

За три года наибольшее количество пестицидов (около 23 кг) поступило в бассейн Амура. Высокие подходы лососей в последние годы определяют ежегодный перенос от 13 до 30 кг пестицидов на сушу. Таким образом, общее содержание пестицидов на каждом нерестилище увеличивается [Лукьянова и др., 2015].

Еще одним фактором, существенно влияющим на биотопы водоемов, является акклиматизация гидробионтов как направленная, так и случайная. Примером может служить инвазия гребневика мнемиопсис в Каспийское море. Это отразилось на всех видах, в рацион питания которых входят тюлька: морские сельди, осетровые, каспийский тюлень. В Северном Каспии в 1990-х гг., т.е. до вселения гребневика, степень наполнения желудка у белуги тюлькой составляла 2,2 ‰ [Полянинова и др., 2003], а после вселения гребневика – 0,1 ‰ [Камакин, Ходоревская, 2018].

Все эти и другие факторы оказывают влияние на численность популяций промысловых видов рыб, и, в конечном итоге отражается на уловах. Общий объем добычи водных биоресурсов российскими пользователями за 2019 г. составил около 4,92 млн т, что на 2,2 % меньше чем в 2018 г. (около 5,03 млн т). При таких объемах добычи обеспеченность населения страны рыбной продукцией составляет в среднем 10–12 кг рыбы в год на человека, в то время как медицинская норма потребления составляет 22–24 кг [http://www.fish.gov.ru…].

Таким образом, на состояние экосистемы водоема оказывает влияние целый ряд факторов, учесть всю их совокупность достаточно сложно. Для сохранения и поддержания численности популяций ценных видов рыб необходимо систематически проводить мониторинг состояния окружающей среды, а также проводить мелиоративные мероприятия, ежегодно выпускать молодь с рыбоводных предприятий, разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии и биотехники искусственного воспроизводства рыб.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-016-00208.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимова Н.В., Горюнова В.Б., Микодина Е.В.* Атлас нарушений в гаметогенезе осетровых и развитии их молоди. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 121 с.
2. *Головко Г.В., Агапов С.А., Карпенко Г.И., Зипельт Л.И.* Многократное получение половых продуктов у азовской шемаи *Chalcalburnus chalcoides* в течение нерестового сезона // Вопросы ихтиологии. 2013. Т. 53. № 3. С. 341–348.
3. *Евланов И.А., Минеев А.К., Розенберг Г.С.* Оценка состояния пресноводных экосистем по морфологическим аномалиям у личинок рыб. Тольятти: Изд-во ИЭВБ РАН, 1999. 38 с.
4. Итоги года: в 2019 году российские рыбаки добыли около 5 млн тонн водных биоресурсов // Федеральное агентство по рыболовству: [сайт]. URL: http://www.fish.gov.ru/press-tsentr/novosti/29547-itogi-goda-v-2019-godu-rossijskie-rybaki-dobyli-okolo-5-mln-tonn-vodnykh-bioresursov (дата обращения: 11.03.2020).
5. *Камакин А.М., Ходоревская Р.П.* Влияние популяции вселенца *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 на рыбное население Каспийского моря // Биология внутренних вод. 2018. № 2. С. 51–56.
6. *Коноплева И.Н., Ходоревская Р.П., Романов А.А.* Распределение и качественная структура популяции русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* в Каспийском море // Вопросы рыболовства. 2007. Т. 8. № 4(32). С. 641–653.
7. Красная Книга России. 2000. URL: www.biodat.ru

8. *Лукьянова О.Н., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Христофорова Н.К.* Тихоокеанские лососи рода Oncorhynchus как вектор переноса стойких загрязняющих веществ в океане // Вопросы ихтиологии. 2015. Т. 55. № 3. С. 351–355.
9. *Минеев А.К.* Морфологические аномалии у молоди рыб Волгоградского водохранилища // Мат-лы IX Междунар. науч.-практ. конф. «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики». Тольятти, 2012. С. 135–140.
10. *Никольский Г.В.* Частная ихтиология. М.: Высш. шк. 1971. 470 с.
11. *Павлов Д.С., Михеев В.Н., Костин В.В.* Миграции молоди рыб в зарегулированных реках. Эффекты экологических фильтров (обзор) // Биология внутренних вод. 2020. № 2. С. 145–155.
12. *Полянинова А.А., Татаринцева Т.А., Терлецкая О.В.* Гидробиологическая обстановка в Среднем и Южном Каспии при биологической инвазии водоема гребневиком *Mnemiopsis leidyi* // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во Каспийск. НИИ рыб. хоз-ва, 2003. С. 121–134.
13. *Праздников Д.В.* Морфологические аномалии у щуки *Esox lucius* на ранних этапах постэмбрионального развития // Вопросы ихтиологии. 2015. Т. 55. № 6. С. 739–742.
14. Редкие, исчезающие и нуждающиеся в охране животные Ростовской области. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1996. 444 с.
15. *Сатаров В.В.* Состояние естественного размножения проходных и полупроходных рыб в Азово-Кубанском районе // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. АзНИИРХ. 1998. С. 186–192.
16. *Сафаралиев И.А., Довгопол Г.Ф., Зыкова Г.Ф.* Биологическое обоснование промысловой меры русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* и севрюги *Acipenser stellatus* в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне. 2012. Т. 13. Вып. 4 (52). С. 855–865.
17. *Тевяшова Л.Е., Кравченко З.Н., Вдовенко Н.Е.* Промышленное воспроизводство леща в нетрадиционных водоемах при разной плотности посадки // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. АзНИИРХ, 1998. С. 256–263.
18. *Ходоревская Р.П., Калмыков В.А.* Формирование популяций осетровых (Acipenseridae) Волго-Каспийского бассейна // Вопросы ихтиологии. 2014. Т. 54. № 5. С. 584–590.
19. *Шакирова Г.Р., Бикташева Ф.Х.* Морфологические изменения печени, почек, сердца окуня *Perca fluviatilis* и щуки *Esox lucius* из озера Асылыкуль в результате загрязнения воды тяжёлыми металлами // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2010. Т. 2. № 26. С. 177–180.
20. *Шахназарова А.Б., Черкесова Д.У., Исуев А.Р.* Сравнительное изучение показателей окислительно_антиоксидантной системы молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* и кутума *Rutilus frisii* kutum в условиях нитритной интоксикации // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50. № 2. С. 285–288.
21. *Шахмурзов М.М., Казанчев М.Х., Гущин В.Н.* Содержание нитритов и нитратов в воде и рыбе рыбохозяйственных водоемов Кабардино-Балкарии // Сб. науч. тр. ВНИИ вет. сан., гигиены и экологии. 1998. № 104. С. 64–67.
22. *Krummel E.M., Macdonald R.W., Kimpe L.E. et al.* Delivery of pollutants by spawning salmon // Nature. 2003. Vol. 425. P. 255–256.
23. *Pavlov D.S., Mikheev V.N.* Downstream migration and mechanisms of dispersal of young fish in rivers // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2017. Vol. 74. № 8. P. 1312.
24. *Wong M.H., Armour M.A., Naidu R., Man M.* Persistent toxic substances: sources, fates and effects // Rev. Environ. Health. 2012. Vol. 27. № 4. P. 207–213.

ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ, ДОБЫЧА И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.В. Власенко[1], А.М. Пугачева[1], М.В. Шульгин[2]

[1]Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград
[2]Информационно-аналитический центр развития водохозяйственного комплекса, г. Москва
vlasencomarina@mail.ru

Россия – одна из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран, где только в озерах содержится 30 % мировых запасов водных ресурсов, а общий объем водных ресурсов страны составляет почти ½ мировых. Обеспеченность водными ресурсами в стране достигает 30,2 тыс. м^3 речного стока на человека в год. Однако неравномерное распределение водных ресурсов, в том числе подземных вод, вызывает их дефицит для хозяйственно-питьевого водоснабжения во многих регионах страны. При этом степень освоения запасов подземных вод составляет лишь 19 %. Количество потребления воды в экономике России в связи со структурой производства в различных отраслях промышленности превышает суммарное использование других природных ресурсов. К этому следует добавить, что современный уровень антропогенного загрязнения является причиной деградации водных объектов, ведет к ухудшению качества вод, накоплению в донных отложениях загрязняющих веществ. Диффузный сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей с отвалами и отходами промышленного производства оказывает высокую степень воздействия на водные объекты. Большая часть поверхностных и подземных водных ресурсов загрязнены сточными и поверхностными водами, особенно там, где размещены крупные промышленные и сельскохозяйственные комплексы. В связи с уже проявляющимися климатическими контрастами (частые и интенсивные засухи и наводнения) регулярное снабжение пресной водой становится еще более затруднительным. Таким образом, взаимосвязь региональных водных проблем возрастает и перерастает в единую водную проблему страны [Щедрин, 2009; Сенчуков и др., 2011; Георгиади и др., 2014; Косолапова, 2016].

Данные о прогнозных ресурсах подземных вод на территории Южного федерального округа (ЮФО) приведены на основании материалов «Оценка обеспеченности населения ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (II этап)», (ЗАО «ГИДЭК», 2000) и данным уточнения и корректировки за 2000–2010 гг.

Все месторождения и участки подземных вод на территории Волгоградской области питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения представлены в таблице 1.

Наибольшими запасами подземных вод отличается Калачевское месторождение, которое расположено на левом берегу Цимлянского водохранилища. Потенциальный водопотребитель – г. Калач-на-Дону. Глубина залегания зеркала воды в западной части области не превышает 2–2,5 м. В восточной части участка глубина залегания уровня

воды увеличивается и достигает 5,51 м. Водовмещающие породы – разнозернистые пески. Мощность увеличивается с востока на запад и с юга на север за счет эрозионного вреза. Средняя мощность составляет 33,0 м. Абсолютные отметки зеркала грунтовых вод понижаются в направлении Цимлянского водохранилища от 34,07 до 33,04 м. Основное питание водоносный горизонт получает за счет атмосферных осадков. Наиболее благоприятные условия для питания в восточной части месторождения, где зона аэрации сложена эоловыми песками. В период весеннего паводка западная часть месторождения в пределах пойменной террасы заливается водами водохранилища, вызывая подпор горизонта, разгрузка осуществляется в водохранилище. Дебиты скважин 17,72–22,0 л/с при понижениях уровня от 3,45 до 6,47 м. Удельные дебиты 3,18–5,31 л/с. Коэффициенты фильтрации 18,72–29,88 м/сут., средний коэффициент фильтрации 24,5 м/сут. Водоотдача песков составила в среднем 0,18.

Таблица 1

Месторождения питьевых подземных вод на территории Волгоградской области в границах бассейна р. Дон

№ п/п	Наименование месторождения (потенциальный водопотребитель)	водоносный горизонт	Запасы по госучету, тыс. м³/сут.				
			Всего	в т.ч. по категориям			
				A	B	C1	C2
1	Верхнекардаильское	N2	21,8	11	10,8		
2	Городищенское (р.п. Городище)	P1	10	5,3	4,7		
3	Жирновское (МПО КХ г. Жирновск)	K1-K2	16	7	6	3	
4	Калачевское (МПО ЖКХ г. Калач-на-Дону)	aQIII-IV	78,3	24,4	15,9	7,6	30,4
5	Киквидзенское (Киквидзенское МП МПО ЖСК)	N-aQ	29,7	5,3	11,7	12,7	
6	Михайловское (МУП «Михайловское ВКХ»)	aQ-K1 al	25	11,3	13,7		
7	Урюпинское (МП «Урюпинский водоканал»)	D3	37	15	22		
8	Фроловское		45,2	16,9	17,9	10,4	0
8.1	Групповой водопровод	K1	22,5	6,9	5,2	10,4	
8.2	Грачи (МУП «Водоканал» г. Фролово)	aQIV	22,7	10	12,7		
Всего			**263,0**	**96,2**	**102,7**	**33,7**	**30,4**

На территории юга России в границах гидрогеологических структур основная часть прогнозных ресурсов подземных вод сконцентрирована в платформенных областях – 18,5 млн м³/сут (87,1 % от общих прогнозных ресурсов). В Волгоградской области по состоянию на 01.01.2019 степень разведанности прогнозных ресурсов подземных вод составляет 3629,0 тыс. м³/сут., запасы подземных вод – 770,2 тыс. м³/сут., степень разведанности прогнозных ресурсов – 21,2 % (рис. 1).

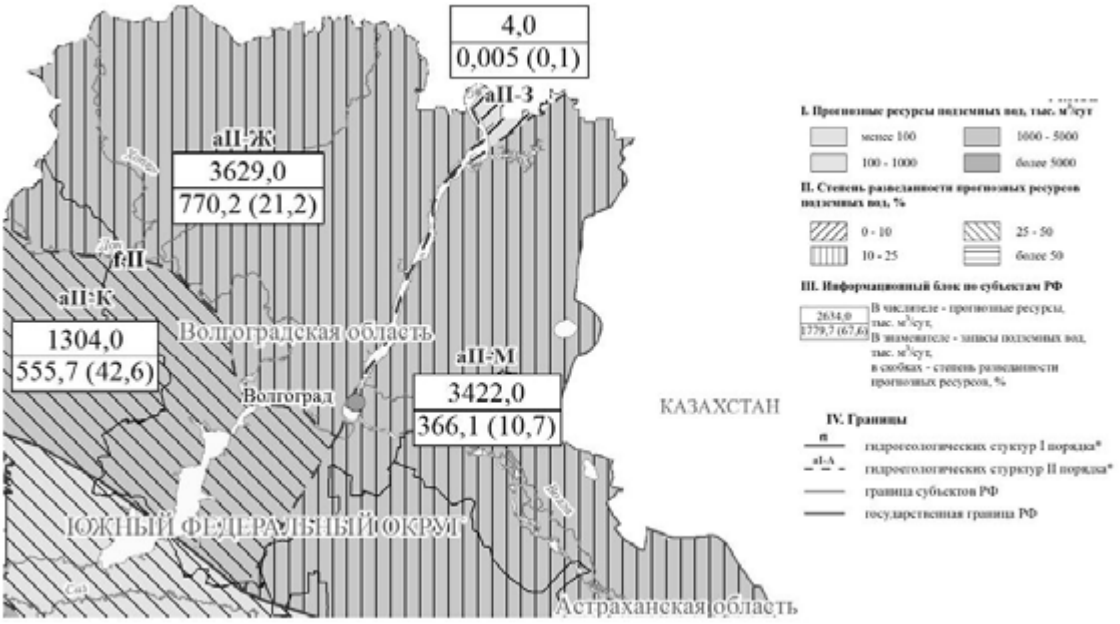


Рис. 1. Прогнозные ресурсы подземных вод и степень их разведанности по гидрогеологическим структурам на территории Волгоградской области, 01.01.2019

На 01.01.2019 в пределах субъектов РФ ЮФО наибольшее количество запасов подземных вод отмечается в Краснодарском крае (4299,1 тыс. м³/сут.), Ростовской области (1521,0 тыс. м³/сут.), Волгоградской (987,6 тыс. м³/сут.) области, наименьшее – в Астраханской области (76,9 тыс. м³/сут.), Р. Калмыкия (69,4 тыс. м³/сут.).

Наибольшее количество балансовых запасов питьевых и технических подземных вод в границах гидрогеологических структур приходится на Азово-Кубанский (3337,2 тыс. м³/сут.), Приволжско-Хоперский (770,2 тыс. м³/сут.), Днепровско-Донецкий (555,7 тыс. м³/сут.), Прикаспийский (366,1 тыс. м³/сут.) и Ергенинский (377,9 тыс. м³/сут.) артезианские бассейны, Большекавказскую гидрогеологическую складчатую область (1779,7 тыс. м³/сут.). Балансовые запасы питьевых и технических подземных вод по Донскому бассейновому округу на территории ЮФО на 01.01.2019 г. составляет 2050,9 тыс. м³/сут.

Волгоградская область отличается большой добычей подземных вод (70,7 тыс. м³/сут.) наравне с Краснодарским краем (1368,0 тыс. м³/сут.) и Ростовской областью (151,1 тыс. м³/сут.). По Волгоградской области добыча из месторождений в 2018 г. по сравнению с 2017 г. увеличилась на 7,93 тыс. м³/сут.

По состоянию на 01.01.2019 на территории ЮФО добыча из месторождений балансовых питьевых и технических подземных вод по Донскому гидрографическому бассейновому округу составила – 142,1 тыс. м³/сут., по Кубанскому – 1109,7 тыс. м³/сут.; Западно-Каспийскому – 22,4 тыс. м³/сут.; Нижневолжскому – 5,2 тыс. м³/сут.

Из общего количества добытой воды в ЮФО в 2018 г. в экономике и социальной сфере было использовано 80,8 % от общей добычи (1373,3 тыс. м³/сут.). Для хозяйственно-питьевого водоснабжения использовано подземных вод 1191,8 тыс. м³/сут., для производственно-технических целей – 172,5 тыс. м³/сут. (12,6 % общего использования), на сельское хозяйство – 9,0 тыс. м³/сут. (0,6 % общего использования). По ЮФО в 2018 г. по сравнению с 2017 г. использование подземных вод на питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение увеличилось на 192,1 тыс. м³/сут., а на нужды сельского хозяйства – на 3,11 тыс. м³/сут.

В 2018 г. по территории ЮФО суммарное использование подземных и поверхностных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения составило 2474,87 тыс. м^3/сут., доля использования подземных вод в балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения – 48,2 %.

В Волгоградской области в границах Приволжско-Хопёрского бассейна ведется интенсивная эксплуатация подземных вод. В результате долголетнего интенсивного техногенного воздействия здесь произошло изменение гидродинамического состояния подземных вод: образовались региональные депрессии крупных локальных воронок и уровней подземных вод. В результате интенсивной эксплуатации большого количества водозаборов в городах Волгограде, Дубовке, р.п. Городище вдоль правого берега р. Волги сформировалась обширная Городищенская депрессионная область площадью около 2,0 тыс. км^2.

В 2017–2018 гг. существенных изменений химического состава подземных вод в регионе не отмечено. Загрязнение подземных вод основных эксплуатируемых водоносных горизонтов носит локальный характер и наблюдается в районах их интенсивной добычи и извлечения. Ухудшение качества подземных вод происходит, как правило, за счет подтягивания к водозабору некондиционных вод из смежных горизонтов. Превышение нормативных требований к питьевой воде в Волгоградской области на 01.01.2019 отмечаются: по содержанию марганца 1,6–5,0 ПДК и железа 1,7–13,7 ПДК, минерализации 1,03–2,5 ПДК. Загрязнения подземных вод соединениями азота (1,3–3,2 ПДК) обусловлено фильтрацией поверхностных вод и осадков с обработанных удобрениями сельскохозяйственных массивов, животноводческих комплексов, мест хранения удобрений и химикатов. Источники загрязнения нефтепродуктами – АЗС, нефтепроводы, склады горюче-смазочных материалов, нефтебазы.

Обстановка по обеспеченности прогнозными ресурсами подземных вод питьевого назначения населения в регионе относительно благоприятная. Слабая естественная обеспеченность отдельных территорий ресурсами питьевых подземных вод объясняется наличием подземных вод не соответствующих нормативным требованиям к питьевым водам по качеству, что обусловлено климатическими и геохимическими особенностями формирования подземных вод и техногенными факторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милюкова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А.* Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2: Бассейны рек Волги и Дона. М., 2014. 214 с.
2. *Косолапова Н.А.* Водно-ресурсный потенциал развития регионов в бассейнах рек Дон и Кубань // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2016. № 7 (89). С. 18.
3. Проблемы и перспективы использования водных в агропромышленном комплексе России: монография / под общ. ред. В.Н. Щедрина. М., 2009. 342 с.
4. *Сенчуков Г.А., Капустян А.С., Гостищев В.Д., Ермак Д.В.* Использование водных ресурсов в АПК. Научный обзор / Новочеркасск: ФГНУ «РосНИИПМ», 2011. 60 с.
5. Федеральное агентство по недропользованию. ФГБУ «Гидроспецгеология» Центр государственного мониторинга состояния недр и региональных работ: [информационный сайт о состоянии недр Российской Федерации]. URL: http://www.geomonitoring.ru/map_ufo.html#item2 (дата обращения: 18.02.2020).

МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА МУТНОСТИ ВОДЫ В ДЕЛЬТЕ ДОНА В УСЛОВИЯХ СОКРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО СТОКА

А.В. Клещенков

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
geo@ssc-ras.ru

Устьевые области рек, как зоны контакта морских и речных вод, уязвимы по отношению к естественным и антропогенным колебаниям режима речного стока, уровня моря и качества вод. Дельта Дона является одной из важнейших в хозяйственном и социально-экономическом отношении устьевой областью России. Она является ключевым звеном в природно-территориальном комплексе Ростовской агломерации: выступает в качестве рекреационной зоны, обеспечивает экосистемные услуги, р. Дон служит источником питьевой воды и международной водной транспортной артерией с интенсивным грузооборотом.

Развитие дельты Дона в XX – начале XXI в. было подвержено интенсивному влиянию антропогенных преобразований долины Нижнего Дона и климатических изменений. Это проявилось в сокращении жидкого и твердого стока Дона [Матишов и др., 2008; Клещенков, Сорокина, 2016; Киреева и др., 2017]. Однако именно твердый сток реки как один из основных источников дельтоформирующих наносов, наряду с поступлением взвеси из Таганрогского залива, определяет эволюцию дельты в целом и отдельных рукавов.

Анализ твердого стока в замыкающем створе р. Дон (ст. Раздорская), выполненный для периода 1940–2005 г. [Сорокина и др., 2006] свидетельствует, что условно естественный (1940–1952 гг.) сток наносов составлял в среднем 4,4 млн т/год. После строительства Цимлянского водохранилища (1953–1972 гг.) произошло его уменьшение, а среднегодовое значение составило 2,7 млн т. После 1972 г. твердый сток Дона значительно сократился и составил 1,02 млн т/год (1972–1982 гг.). В период с 1972–1976 гг. сток наносов был минимальным 0,55 млн т/год. С 1983 по 2005 г. сток наносов в ст. Раздорской достиг наименьших значений, в среднем около 0,4 млн т/год. В 1970–1980 гг. были введены в строй низконапорные гидроузлы – Кочетовский, Николаевский (1975 г.) и Константиновский (1981 г.), интенсивно аккумулирующие взвешенные наносы Дона. В связи с их строительством в 1980-е гг. происходила эрозия русла в нижних бьефах, что создавало значительные трудности при оценке твердого стока в низовьях Дона [Сорокина и др., 2006].

Последующие исследования [Клещенков, 2018] позволили установить, что современный маловодный период, начавшийся в 2007 г., характеризуется значительным сокращением стока взвешенных наносов, по сравнению с предыдущими годами, и изменением его сезонного распределения. Во многом это обусловлено тем фактом, что в настоящее время Нижний Дон представляет собой зарегулированную речную систему, состоящую из русловых водохранилищ, приуроченных к гидроузлам воднотранспортной системы и отдельных участков естественного русла. Помимо осаждения взвеси в русловых водохранилищах, существенная ее часть теряется в результате сильного зарегулирования местного стока локальными гидротехническими сооружениями на малых водотоках [Матишов, 2016], широкого развития противоэрозионных мероприятий на водосборе, а также в процессе водоподготовительных

мероприятий при использовании стока р. Дон в промышленности, теплоэнергетике и коммунальном хозяйстве [Бронфман, Хлебников, 1985]. Анализ данных 2010–2014 гг. продемонстрировал, что в современный маловодный период твердый сток Дона в Азовское море составляет 150–230 тыс. т (без учета осаждения в дельте), что ниже бытового в 23–26 раз.

В таких условиях следовало бы ожидать уменьшения мутности воды и твердого стока в дельте Дона, однако этого не происходит. Мутность воды и сток наносов в основных рукавах дельты Дона не претерпевают значительных изменений по сравнению с предыдущими периодами. Это обусловлено тем, что в условиях сокращения жидкого и твердого стока Дона в современный маловодный период изменяется соотношение речных и морских факторов в процессах дельтообразования и осадконакоплении в дельте Дона в пользу последних.

Анализ результатов экспедиционных работ 2007–2019 гг. показывает, что значения мутности воды в рукавах дельты варьировали в широких пределах от 12,2 до 44 г/м^3, сток наносов изменялся от 4,2 до 13,3 кг/с (табл. 1). Сокращение твердого стока происходит в основном за счет сокращения водности рукавов в отдельные периоды наблюдений при сохранении общего уровня насыщения потока взвешенными наносами, что обусловлено формированием в дельте Дона знакопеременных течений воды из реки в Таганрогский залив и из залива в реку в условиях сгонно-нагонных явлений.

Так, при сопоставлении многолетнего хода мутности в створе г. Азов за период 2015–2019 гг. с уровнем воды в рукаве Старый Дон по данным ГП Донской можно отметить, что максимумы мутности приходятся на периоды сильных сгонов (рис. 1), во время которых в условиях значительного перепада уровней между рекой и принимающим водоемом формируются высокие скорости течений, что способствует насыщению потока взвешенными веществами.

Таблица 1

Расход воды и сток наносов по основным рукавам дельты Дона в 2007–2019 гг.

Промер и название створа	26–27.06.2007		24–25.11.2007		22–23.09.2014		3–15.09.2016		29.10–31.10.2019	
	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с
Дон	16,3	11,4	7,8	4,0	13,8	4,2	20,2	13,3	29	13,2
Старый Дон (выше Азова)	16,3	10,4	17	7,2					32	7,2
Старый Дон (ниже Азова)	32	8,7	22,6	5,1	20,4	3,1	28	6,9		
Казачий Ерик	13,5	0,8							28	3,4
Большая Каланча (Дугино)	12,2	5,2	25	7,1	13,6	1,4	15,2	6,2	35	8,1
Мокрая Кланча	18	2,5			13,6	0,4			44	6,9
Большая Кутерьма (Рогожкино)	16,5	4,7			13,6	1,1	18,8	3,0	49	15,9

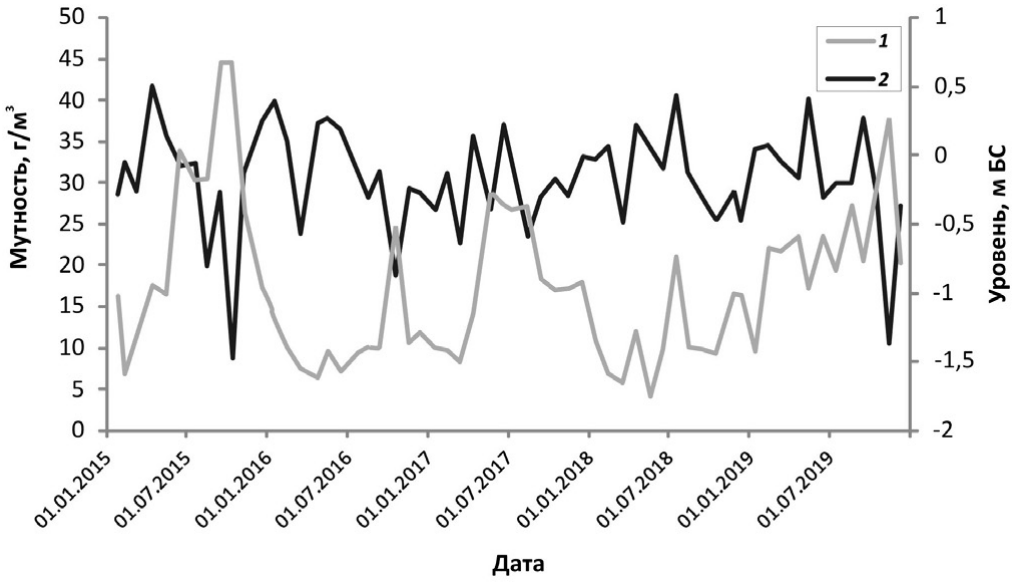


Рис. 1. Ход мутности воды в створе г. Азов в 2015–2019 гг.:
1 – мутность воды; 2 – уровень воды

Еще более значимо влияние нагонных явлений на увеличение концентрации взвешенных веществ в воде. В 2017–2019 гг. нами были проведены серии наблюдений за увеличением мутности воды в гирле Свиное (система рукавов Старого Дона) во время нагонов.

Во время пика нагона 24–25.12.2017 были отобраны пробы с целью определения концентрации взвеси в воде гирла Свиного в районе БНЭБ «Кагальник» ЮНЦ РАН. Данный нагон относился к классу сильных низовок по классификации Г.Г. Матишова [Матишов и др., 2014]. Подъем воды на пике составил 1,7 м в районе БНЭБ «Кагальник» и х. Донской и 1,5 м в районе Ростова-на-Дону. Измеренная концентрация взвеси достигала 116 г/м^3 в поверхностном слое и 99,5 г/м^3 в придонном при среднемноголетней концентрации взвеси в Свином гирле 21 г/м^3. На приведенном ниже рисунке 2 отчетливо прослеживается, что концентрация взвеси растет при подъеме уровня, при чем в поверхностном слое воды она несколько выше, чем в придонном вследствие интенсивной гидродинамической обстановки. Затем при достижении пика нагона, стабилизации уровня и затоплении прибрежных территорий происходит осаждение

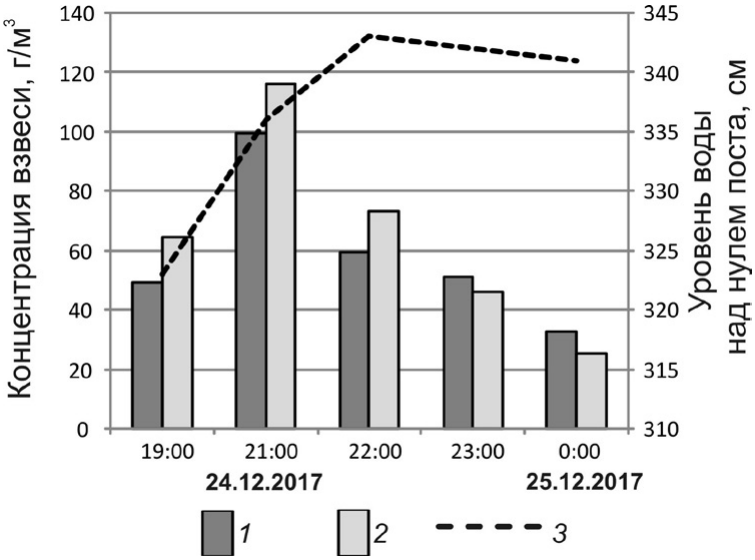


Рис. 2. Динамика концентрации взвешенных веществ в воде р. Свиное гирло во время нагона 24–25.12.2017:
1 – концентрация взвешенных веществ в придонном горизонте, г/м^3; 2 – концентрация взвешенных веществ в поверхностном горизонте, г/м^3;
3 – уровень воды над нулем поста, см

взвешенных веществ в рукаве дельты. Это сопровождается увеличением концентрации в придонном горизонте относительно поверхностного горизонта.

Вторая серия измерений была проведена нами во время нагона 21–22 марта 2018 г. Он также относился к классу сильных низовок. Подъем уровня в гирле Свином (БНЭБ «Кагальник» и в рукаве Старый Дон (х. Донской) составил 1,87 м, в Ростове-на-Дону 1,45 м. В ходе мартовского сильного нагона концентрация взвешенных наносов изменялась от 77,8 до 40,8 г/м^3 в придонном горизонте воды, и от 67,3 до 125,3 г/м^3 в поверхностном горизонте. Максимум концентрации взвеси в поверхностном горизонте пришелся на пик нагона, с последующим понижением, тогда как в придонном горизонте наблюдалось постепенное снижение концентраций. Аналогичные закономерности были подтверждены во время измерения мутности воды в Свином гирле во время нагона 31 июля – 1 августа 2019 г.

Сравнение данных 2007–2019 гг. со средними значениями мутности и расхода взвешенных наносов за 1962, 1972 и 1982 гг. демонстрирует сопоставимые значения мутности воды и твердого стока (табл. 2).

Таблица 2

Расход воды и сток наносов по главным рукавам дельты Дона в 1962, 1972, 1982 гг.

Название створа	1962		1972		1982	
	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с	Средняя мутность, г/м^3	Расход взвешенных наносов, кг/с
Старый Дон (Азов)	14,6	6,3	25,2	4,3	33,7	9,2
Большая Каланча (Дугино)	31,7	10,9	19,7	6,5	29,9	16,8

Значимые отличия современного периода от предыдущих заключается в возрастании доли рукава Старый Дон в твердом стоке относительно рукав Каланча по сравнению с наблюдаемыми ранее значениями. Как следует из таблицы 1, в настоящее время твердый сток рукава Старый Дон превосходит либо практически равен стоку Каланчи, что может свидетельствовать об его активизации вследствие дноуглубительных работ для поддержания судоходных глубин.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект 18-05-80010 «Исследование и прогноз опасных гидрометеорологических и геолого-геоморфологических процессов в районах функционирования стратегических объектов на Азово-Черноморском побережье (исторические и современные аспекты)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бронфман А.М., Хлебников Е.П.* Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 269 с.
2. *Киреева М.Б., Илич В.П., Фролова Н.Л., Харламов М.А., Сазонов А.А., Михайлюкова П.Г.* Вклад климатических и антропогенных факторов в формирование маловодного периода в бассейне р. Дон в 2007–2015 гг. // Геориск. 2017. № 4. С. 18–25.

3. *Клещенков А.В.* Особенности твердого стока р. Дон в современный маловодный период // Сб. докладов Межд. науч. конф. памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова «III Виноградовские чтения. Грани гидрологии» (г. С.-Петербург, 28–30 марта 2018 г.) / ред. О.М. Макарьева. СПб., 2018. С. 586–589.
4. *Клещенков А.В., Сорокина В.В.* Перераспределение стока по рукавам дельты Дона в условиях маловодья // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: мат-лы Междунар. науч. конф. и молодежной научной конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д., 2016. С. 102–105.
5. *Матишов Г.Г.* Климат, водные ресурсы и реконструкция гидротехнических сооружений с учетом интересов населения, рыболовства и сельского хозяйства, судоходства и энергетики. Доклад на расширенном заседании Президиума Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону, 25 мая 2016 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. 64 с.
6. *Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Шевердяев И.В., Клещенков А.В., Кириллова Е.Э.* Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г.: хронология, условия формирования и последствия // Вестник Южного научного центра. 2014. Т. 10. № 1. С. 17–24.
7. *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 РАН. 2008. Т. 4. № 3. С. 72–77.
8. *Сорокина В.В., Ивлиева О.В., Лурье П.М.* Динамика стока на устьевых участках рек Дон и Кубань во второй половине XX века // Вестник Южного научного центра РАН. 2006. Т. 2. № 2. С. 58–67.

ИЗУЧЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЫ АЗОВСКОГО МОРЯ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ (ДОЖДЕВАЯ ВОДА, СНЕГ)

Клещенков А.В., Филатова Т.Б., Алёшина Е.Г.

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
fila5784@mail.ru

Климат Азовского моря относится к континентальному климату умеренных широт. Город Ростов-на-Дону расположен в юго-западной части области на Северо-Приазовской равнине, на правом возвышенном берегу реки Дон и на пойменных и надпойменных террасах левого берега, в 33 км от Азовского моря (Таганрогского залива). Для оценки экологического состояния и биологических ресурсов Азовского моря большое значение имеет информация о потоках биогенных веществ, одним из источников поступления которых в поверхностный слой морских акваторий являются атмосферные выпадения. Азот, фосфор и кремний являются важными биогенными элементами, которые чаще всего лимитируют развитие продуктивности водных экосистем, а их соотношение определяет в значительной степени доминирующие формы и условия цветения фитопланктона. Содержание биогенных веществ в атмосферных осадках изменяется в широком диапазоне в зависимости от предшествующей метеорологической ситуации (количества осадков, скорости и направления ветра, относительной влажности воздуха и количества дней без осадков), от происхождения воздушных масс, их переноса и пр. [Александрова, 2000].

В 2016–2017 гг. нами были проведены работы по анализу содержания биогенных элементов в атмосферных осадках (дождевая вода), целью которых было изучение загрязнения дождевой воды на примере неорганических форм азота и фосфора, результаты и выводы нашли отражение в публикациях [Филатова и др., 2017а; 2017б; Филатова, Вареник, 2017; Varenik et al., 2017]. Затем изучение содержания биогенных веществ (нитритов, нитратов, ионов аммония, азота растворенного, азота валового, фосфатов, фосфора растворенного, фосфора валового) в атмосферных выпадениях было продолжено (снегогеохимические исследования).

Зимы 2017/18 и 2018/19 гг. относят к мягким, пик холодов в зимний период 2017/18 гг. приходился на февраль, а в зиму 2018/19 г. – на конец ноября – начало декабря [Дашкевич, 2019]. В Ростове-на-Дону в год выпадает около 577 мм осадков, наибольшее количество осадков выпадает в декабре. На поверхность Азовского моря в среднем за год выпадает до 418 мм осадков, в центральной части Азовского моря в январе средняя интенсивность осадков 0,38–0,41 мм/ч. При этом в течение всего года количество осадков, выпадающих на побережье, превышает количество осадков, выпадающих на поверхность моря. Твёрдые осадки на побережье Азовского моря могут наблюдаться с октября по апрель [Climate-data.org].

В феврале, марте, ноябре и декабре в черте города, в пригороде и на прибрежной станции БНЭБ «Кагальник» были выполнены снеговые съемки, отобраны и проанализирова-

ны пробы свежего снега. Отбор и обработка проб проводились согласно руководящему документу [Руководство … 1991]. Пробы снега отбирали и растапливали при комнатной температуре, полученная вода фильтровалась. Осадки, количество которых не позволяло провести химический анализ, не обрабатывались. Все применяемые для анализов реактивы имели квалификацию не ниже «химически чистый». При анализе проб снега использовали спектрофотометр «UNICO». В качестве источников гидрометеорологических данных служили российский сайт ООО «Расписание Погоды» (http://rp5.ru) и Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (http://esimo.pacificinfo.ru). При отборе проб также фиксировались метеопараметры, при которых выпадали осадки.

Всего было отобрано и проанализировано 11 проб свежего снега. В зимний период на станциях в черте города содержание биогенных веществ в снеге изменялось в следующих пределах: ионы аммония – 0,11–0,61 мг/л; нитриты – 0,005–0,012 мг/л; нитраты – 0,06–0,20 мг/л; азот растворенный – 0,51–0,58 мг/л; азот валовый – 0,65–2,03 мг/л; фосфаты – 0,020–0,30 мг/л; фосфор растворенный – 0,032–0,693 мг/л; фосфор валовый – 0,067–0,78 мг/л.

Доказано наличие повышенного количества атмосферных осадков в городах по сравнению пригородами (сельской местностью). В городах даже при меньшей влажности воздуха, чем в сельской местности, выпадает большее количество атмосферных осадков (на 5–25 %) [Панов и др., 2006]. На станциях в сельской местности (пригороде) среднее значение концентраций ионов аммония составляло 0,19 мг/л, нитритов – 0,012 мг/л, нитратов – 0,11 мг/л, фосфатов – 0,019 мг/л.

На прибрежной станции БНЭБ «Кагальник» отмечали следующие диапазоны: ионы аммония – 0,11–0,31 мг/л; нитриты – 0,005 мг/л–0,006 мг/л; нитраты – 0,12–0,29 мг/л; азот растворенный – 0,58–1,40 мг/л; азот валовый – 0,71–2,82 мг/л; фосфаты – 0,005–0,033 мг/л; фосфор растворенный – 0,037–0,094 мг/л; фосфор валовый – 0,049–0,227 мг/л. Можно заметить, что основными формами азота, поступавшими с атмосферными осадками в виде снега на указанной станции наблюдения, являлись ионы аммония и нитраты. Органическая составляющая в пробах снега была незначительна, азот и фосфор были представлены в основном минеральными формами.

В дни наблюдений в декабре в городе Ростове-на-Дону количество осадков составило 2 мм, в феврале – 11,3 мм (высота снежного покрова 18 см) и 17,0 мм (высота снежного покрова 3 см), в ноябре – 25,0 мм (высота снежного покрова 15 см). Согласно [Гидрометеорология … 1991], характер пространственного изменения атмосферных осадков над морем определяется процессами атмосферной циркуляции и характером подстилающей поверхности. Поступление массы биогенных соединений на подстилающую поверхность зависит как от концентрации, так и от количества атмосферных осадков. Распределение потока азота, например с атмосферными осадками по морю в целом, зависит от распределения количества осадков, выпавших на акваторию моря, поскольку основной вклад в изменение концентрации соединений азота в осадках вносит количество осадков, и поступление соединений азота определяется произведением их концентрации на количество осадков [Чайкина, 2007]. На основе количества выпавших осадков было рассчитано количество биогенных веществ, выпавших с атмосферными осадками (снег) во время наблюдения на 1 м^2 площади (табл. 1).

Данные величины поступления биогенных веществ на 1 м^2 площади могут быть незначимы для прибрежных вод, но для вод центральных частей Таганрогского залива и Азовского моря, где концентрации биогенных веществ гораздо ниже, поступление таких количеств может быть существенным.

Таблица 1

Количество биогенных веществ, выпавших на 1 м² площади в Ростове-на-Дону в дни наблюдений (мг/м²)

Дата	Место отбора	Ионы аммония	Нитриты	Нитраты	Азот раст.	Азот вал.	Фосфаты	Фосфор раст.	Фосфор вал.	Осадки, мм
12.02	г. Ростов-на-Дону	2,6	0,09	1,7	10,0	11,1	0,41	0,5	1,1	17,0
24.02	г. Ростов-на-Дону	1,2	0,14	1,8	5,8	22,9	3,4	7,8	8,8	11,3
16.11	г. Ростов-на-Дону	15,3	0,15	1,5			0,6			25,0
07.12	г. Ростов-на-Дону	0,82	0,02	0,4			0,04			2,0
08.12	г. Ростов-на-Дону	0,44	0,02	0,22			0,04			2,0

Состояние атмосферного воздуха очень динамично, поэтому наблюдение за ним ведется непрерывно на стационарных пунктах контроля. На берегу Таганрогского залива Азовского моря расположена гидрометеорологическая станция (ГМС) Таганрог, которая климатически характеризует обширный район залива и устьевой части реки Дон. В современный период в регионе по данным ГМС Таганрог наблюдается некоторое увеличение средних сезонных сумм атмосферных осадков для холодного периода года (осень – зима) и понижение ветровой активности на азовском побережье. Также произошло увеличение повторяемости западных ветров в течение года, с 1996 г. они охватывают период с февраля по июнь [Дашкевич, 2019].

Азовское море является чрезвычайно важным для региональной экономики, в первую очередь в связи с возможностью использования его минеральных и биологических ресурсов, а также рекреационного и транспортного потенциала.

Получены данные о поступлении биогенных веществ с атмосферными осадками в виде снега на 1 м² площади в районе наблюдения. Можно ожидать, что влияние атмосферных осадков на содержание биогенных веществ в Азовском море будет более существенным для верхнего слоя, при этом относительная значимость данного влияния будет увеличиваться от прибрежных районов к открытому морю, поскольку средние величины содержания биогенных веществ в поверхностных водах уменьшаются от прибрежных к открытым районам моря. Влияние поступления биогенных веществ с атмосферными осадками проявляется слабо в тех районах, где существенную роль играют другие их источники, к которым, например, относится береговой сток. С учетом данных ГМС Таганрог о некотором увеличении средних сезонных сумм атмосферных осадков для холодного периода года можно предположить рост поступления биогенных веществ в Азовское море с атмосферными осадками в данный период.

Проведение систематических гидрохимических наблюдений за содержанием биогенных веществ в атмосферных выпадениях (дождевая вода, град, снег) в течение всего года имеет большое значение при прогнозировании гидрохимического режима и качества воды водных объектов. Несмотря на относительно продолжительный период исследований, вопрос о количественной оценке, определяющих факторах и соотношении поступающих из атмосферы биогенных элементов всё еще до конца не изучен.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5, а также проекта РФФИ № 18-29-05078 мк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова З.В., Баскакова Т.Г., Ромова М.Г.* Особенности гидрохимического режима и продуцирования первичного органического вещества в экосистеме в современный период // Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под науч. ред. д.б.н., проф. С.П. Воловика. Ростов н/Д.: БКИ, 2000. С. 145–172.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 5. Азовское море. Справочник. СПб: Гидрометеоиздат, 1991. 237 с.
3. *Дашкевич Л.В.* Многолетние изменения температуры воздуха , скорости ветра и количества атмосферных осадков на ГМС Таганрог // Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Вып. 4. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 125–129.
4. *Дашкевич Л.В.* Мониторинг ледового режима в дельте Дона (2005–2019 гг.) (2005–2019 гг.) // Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Вып. 4. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 85–90.
5. *Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А.* Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов н/Д., 2006. 487 с.
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. М., 1991.
7. *Филатова Т. Б., Вареник А.В.* Сравнительная характеристика содержания биогенных элементов в атмосферных осадках Крымского побережья Черного моря и г. Ростова-на-Дону в весенне-летний период // «Моря Росии: наука, безопасность, ресурсы»: мат-лы науч. конф. (г. Севастополь, 3–7 окт. 2017 г.). Севастополь: ФГБУН МГИ, 2017. С. 166–168.
8. *Филатова Т.Б., Алёшина Е.Г., Клещенков А.В.* Содержание биогенных элементов в атмосферных осадках (дождевой воде) // «Геология морей и океанов»: Мат-лы XXII Международ. науч. конф. (школы) по морской геол огии (г. Москва, 20–24 нояб. 2017 г.). Т. IV. М.: ИО РАН, 2017а. С. 220–223.
9. *Филатова Т.Б., Алёшина Е.Г., Клещенков А.В., Вареник А.В.* Атмосферные осадки как фактор возможного изменения разнообразия биоценозов экосистем // «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России»: мат-лы XIX Междунар. науч. конф. с элемент. науч. шк. молод. уч. (г. Махачкала, 4–7 нояб. 2017 г.). Т. I. Махачкала: 2017б. С. 78–80.
10. *Чайкина А.В.* Зависимость уровня загрязнения атмосферных осадков в районах п. Кацивели и г. Севастополь от метеорологических параметров // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, 2007. Вып. 15. С. 132–138.
11. Climate-data.org. URL: https://ru.climate-data.org/азия/российская-федерация/ростовская-область/ростов-на-дону-1761/ (дата обращения: 13.12.2019 г.).
12. *Varenik A.V., Filatova T.B., Kleschenkov A.V.* Comparative analysis of biogenic elements in atmospherical condensation of Black Sea Crimean coast and Rostov-on-Don in spring-summer period of 2016 // Научный альманах стран Причерноморья: сетевое издание. URL: 2017. Т. 11. № 3. С. 56–63.

ПОСЛЕДСТВИЯ СОКРАЩЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОПУЛЯЦИИ КАСПИЙСКОЙ БЕЛУГИ

А.В. Ковалёва[1], В.А. Григорьев[1, 2], П.П. Гераскин[2]

[1]Южный научных центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань
anhramova@yandex.ru, kafavb@mail.ru

Осетровые рыбы – ценнейший продукт, из-за чего удостоены пристального внимания исследователей. К концу XX в. численность природных популяций одиннадцати видов осетровых на территории России достигла критических значений. Наиболее уязвимой оказалась популяция белуги, ввиду потери ее основных нерестовых площадей. В результате резкого сокращения промысловых запасов белуги Россия прекратила ее коммерческий вылов с 2000 г. С 2011 г. главами прикаспийских государств объявлен мораторий на коммерческий лов осетровых. Но, вопреки ожиданиям, эти меры не привели к увеличению объемов популяции от естественного нереста. С 2009 г. констатируется фактическое прекращение ее воспроизводства в естественных условиях в р. Волге [Власенко и др., 2012; Ходоревская, Некрасова, 2019]. Если для осетра и севрюги в настоящее время доля рыб заводского происхождения в популяциях составляет 85 и 70 % соответственно, то для волжской белуги она достигла 100 %.

Для предотвращения тотального исчезновения осетровых рыб с 50-х гг. XX в. началось строительство заводов по воспроизводству для пополнения естественных популяций. Однако они не имеют возможности функционировать в полную силу, поскольку в последние годы всё более остро стоит проблема дефицита производителей на рыбоводных заводах.Недостаточен для положительного результата и многолетний выпуск осетровых с рыбоводных предприятий в естественную среду обитания. Поэтому численность и величины промысловых запасов всех видов осетровых сокращаются. Наиболее стремительно происходит исчезновение популяции белуги [Ходоревская, Некрасова, 2019].

Еще одна немаловажная проблема заводов по воспроизводству – резкое отличие искусственной среды обитания и кормления от естественных условий нагула осетровых, что ведет к сбою в обмене веществ, нарушениям генеративной функции. Следствием этих обстоятельств является снижение качества потомства.

В исследованиях, проведенных нами на производителях волжской белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758), определены закономерности влияния физиолого-биохимического состояния самок на качество репродуктивных клеток (икры) [Гераскин и др., 2019]. Работы проводились на ФГУП «Сергиевский рыбоводный завод» (Астраханская область). Самки белуги имели разное происхождение: доместицированные и выращенные «от икры до икры» из ремонтно-маточного стада (РМС). То есть, в данном случае не исследованы самки, нагуливающиеся в естественных условиях моря, по причине отсутствия таковых на хозяйстве.

Так, доместицированные белуги имели показатели крови (содержание общего сывороточного белка, гемоглобина, холестерина, беталипопротеидов) на уровне, соответству-

ющем завершающему этапу созревания репродуктивных клеток [Гераскин и др., 2017]. Физиологическое состояние белуги из природного ареала перед нерестом характеризуется содержанием холестерина на уровне 4,48 ммоль/л, общего сывороточного белка – не выше 40 г/л, у исследованных нами доместицированных самок холестерин находился на уровне 6,1 ммоль/л, белок – 42,2 г/л. Содержание беталипопротеидов (7,9 г/л) немного завышено и соизмеряется с количеством беталипопротеидов диких самок, икра которых подверглась резорбции (7,07 г/л). Эти данные подтверждались значением коэффициента поляризации ооцитов – 0,06. У этих же самок количество оплодотворенной икры составило в среднем 67 %, масса икринки – 29,1 мг. В данном случае завышено значение холестерина в крови, однако всё же этот показатель ниже, чем у самок РМС.

У самок из ремонтного стада средние значения холестерина и белка составляли 7,53 и 48,3 соответственно. Уровень беталипопротеидов – 9,98 г/л. Это выше показателей, соответствующих этапу завершения созревания гонад. Полученная икра более мелкая (в среднем 22,1 мг) и ее количество на 34 % ниже такового у доместицированных самок. Выявлена прямая зависимость биохимического состава икры от степени подготовленности производителей к нересту.

Таким образом, выращивание производителей на рыбоводном заводе «от икры до икры», содержание в течение жизни при отсутствии морского периода и естественной кормовой базы приводят к сбоям в обмене веществ, нарушениям важнейших функций организма, в частности генеративной. Рыбы с нарушениями репродуктивной функции не способны дать полноценное потомство с высоким уровнем резистентности.

В современных условиях необходимо принимать меры по повышению качества содержания и кормления производителей, что, вероятно, будет способствовать повышению их физиологического статуса, а значит, и появлению жизнестойкого потомства – наиболее важной составляющей жизни отдельной особи и цели существования популяции в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Власенко С.А., Гутенева Г.И., Фомин С.С.* Оценка эффективности естественного воспроизводства осетровых на Нижней Волге // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. Вып. 4 (52). С. 736–753.
2. *Ходоревская Р.П., Некрасова С.О.* Современное состояние и перспективы воспроизводства водных биологических ресурсов для промышленной аквакультуры в Астраханской области) // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хоз-во. 2019. № 3. С. 107–116.
3. *Гераскин П.П., Ковалёва А.В., Григорьев В.А., Фирсова А.В., Яицкая М.В., Ветрова В.Ж.* Оценка физиологической подготовленности к репродуктивной функции доместицированных самок белуги и выращенных от икры в искусственных условиях // Вестник Астраханского государственного технического ун-та. Сер.: Рыбное хоз-во, 2019. № 4. С. 95–103. DOI: 10.24143/2073-55)9-2019-4-95-103.
4. *Гераскин П.П., Металлов Г.Ф., Григорьев В.А., Яицкая М.В.* Физиолого-биохимические закономерности созревания самок осетровых рыб // Аквакультура: мировой опыт и российские разработки: мат-лы Всерос. науч. конф. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. С. 493–496.

СТРАТЕГИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ И ЭКОРЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД: ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

К.Э. Месропян

Южный научный центр, г. Ростов-на-Дону

Экологическая ситуация в Ростовской области характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия и зависимостью реки Дон от экологического состояния других регионов. Согласно оценкам, экологический след в регионе превышает биоемкость в 4 раза [Методологические материалы … 2020]. Сложившаяся экологическая ситуация повышает риск возникновения таких опасных гидролого-географических явлений, как маловодье, экстремальные сгоны и нагоны, эвтрофирование реки, осолонение Таганрогского залива, а также снижения объемов хозяйственной деятельности (воднотранспортной, сельскохозяйственной, рыбохозяйственной). Хотя маловодье и является типичным явлением, исследователи отмечают наличие рекордных по своей продолжительности периодов с 2008 по 2015 г., последствия которых обнаруживаются в последние годы [Киреева и др., 2018]. Исследования на основе биоиндикации (микрозоопланктон и макробентос) показали, что состояние реки Дон выше водохранилища и центральная часть Цимлянского водохранилища оценивается как мезоэвтрофное, со слабо загрязненными водами и признаками нарушения стабильности биоценоза [Матишов и др., 2019]. При этом нижнее течение реки Дон и прибрежная часть водохранилища – мезоэвтрофные с сильнозагрязненными водами и признаками нарушения стабильности биоценоза.

В последние годы ухудшение экологической ситуации в Ростовской области в сфере водопользования связывают с антропогенными изменениями речного стока, а также низким инвестированием в модернизацию основных фондов, объясняющимся недостаточным вниманием к вопросам безопасности и надежности, в том числе в связи со сменой собственников гидротехнических сооружений [Волосухин, Бандурин, 2017]. Цимлянское водохранилище и Нижний Дон являются областью конфликта интересов различных видов хозяйственной деятельности, связанных с водопользованием и водопотреблением [Матишов и др., 2019]. По состоянию на 2019 год на нижнем участке реки Дон есть проблема дефицита воды. Риски для экономической деятельности в связи с дефицитом водных ресурсов: отсутствие гарантированных навигационных попусков для целей судоходства; отсутствие рыбохозяйственных попусков.

Современные отечественные исследования способствуют продвижению выполнения принципов бассейнового управления в рамках интегированного управления водными ресурсами (ИУВР). Например, ИУВР в сочетании с экорегиональным подходом реализуется в Белгородской области, территорию которой пересекает водораздел рек Дон и Днепр [Lisetsky et al., 2015].

Установка в целях социально-экономического развития Ростовской области четырех целевых экологических индикаторов (табл. 1) предполагает снижение антропогенной нагрузки с выполнением международных экологических стандартов по компонентам окружающей среды (воздух, вода, земля).

Таблица 1

Фактические и прогнозируемые значения экологических индикаторов Ростовской области [Методологические материалы … 2020]

Индикатор	Ед. изм.	2015	2030
Выбросы загрязняющих веществ в воздух (от стационарных источников)	тыс. т	165	130
Улавливание и обезвреживание загрязняющих атмосферу веществ	тыс. т	978	1300
Сброс загрязненных сточных вод (в поверхностные объекты)	млн куб. м	238	150
Площадь рекультивированных земель	га	749	1300

Установка в целях социально-экономического развития муниципальных образований Ростовской области целевых экологических индикаторов (табл. 2) также предполагает снижение антропогенной нагрузки на атмосферу с выполнением международных экологических стандартов (уловлено и обезврежено загрязняющих веществ).

Таблица 2

Экологические индикаторы антропогенной нагрузки Азовского муниципального района [База данных … 2020]

Индикатор	Ед. изм.	2014	2015	2016	2017
Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников	тыс. т	0,051	0,042	0,033	0,031
Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ	тыс. т	0,297	0,316	0,16	0,334
Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ в процентах от общего количества загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников	%	37,9	37,3	19,9	32

Цель данного исследования – оценка возможностей применения данных государственной статистики открытого доступа и методов междисциплинарных исследований в рамках методологического синтеза подхода ИУВР и экорегионального подхода (на примере Юга России).

Исследование выполняется в рамках государственного задания на 2020 год (№ гр. проекта АААА-А19-119011190184-2) при финансовой поддержке гранта на выполнение междисциплинарного фундаментального научного исследования Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-03-2020-562 от 30.12.2019 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. База данных показателей муниципальных образований Федеральной службы государственной статистики. URL https://www.gks.ru/dbscripts/munst/ (дата обращения: 05.04.2020).
2. *Волосухин В.А., Бандурин М.А.* Необходимость многофакторной диагностики Донской шлюзованной системы в условиях роста дефицита водных ресурсов и безопасности сооружений // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 8. № 2. С. 3–13.
3. *Киреева М.Б., Илич В.П., Гончаров А.В., Богачев А.Н., Фролова Н.Л., Пахомова О.М., Соловьева В.В.* Влияние маловодья 2007–2015 гг. в бассейне р. Дон на состояние водных экосистем // Вестник Московского университета. 2018. Сер. 5. География. (5).
4. *Матишов Г.Г., Клещенков А.В., Булышева Н.И., Кренева К.В., Семин В.Л., Глущенко Г.Ю.* Современные проблемы развития природно-территориальных систем Цимлянского водохранилища и Нижнего Дона // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. 2019. С. 30–35.
5. Методологические материалы стратегии социально-экономического развития Ростовской области до 2030 года // МинприродыРО.рф. URL https://минприродыро.рф/upload/uf/39f/ materialy_ekologiya.pdf (дата обращения: 05.02.2020).
6. *Lisetsky F.N., Buryak J.A., Grigoreva O.I., Marinina O.A., Martsinevskaya L.V. I*mplementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region // Biogeosystem Technique (Printed in Russian Federation). 2015. Vol. 3. Iss. 1. P. 50–63.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ГИБРИДОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Е.Н. Пономарёва[1,2], М.Н. Сорокина[1,2], В.А. Григорьев[1,2], К.Д. Матишов[1,2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань
kafavb@mail.ru

В современных условиях искусственное воспроизводство является основным способом сохранения естественных популяций осетровых рыб [Пономарёва и др., 2014; Абросимова, Васильева, 2016]. Наращивание темпов искусственного воспроизводства, сохранение генофонда и создание новых индустриальных методов выращивания этих видов рыб становится весьма востребованным. Способность к адаптации и значительная пластичность осетровых рыб позволяют использовать их для различных типов хозяйств индустриального осетроводства: прудовых, садковых, бассейновых и установок замкнутого водообеспечения [Матишов, Пономарёва, 2014].

В установках замкнутого водообеспечения (УЗВ) возможно осуществлять культивирование любых видов аквакультуры круглый год вне зависимости от влияния климатических условий, сберегая ресурсы и при одновременном достижении наибольших показателей роста и продуктивности. Товарное осетроводство в последние 20–25 лет развивается значительными темпами во многих странах мира [Васильева, 2015]. Межвидовые гибриды осетровых рыб являются перспективными для выращивания, так как они технологичны, относительно нетребовательны к условиям среды, хорошо оплачивают корма и имеют высокий темп роста [Шишанова и др., 2008]. Данные качества в значительной степени определяются эффектом гетерозиса, заключающегося в способности гибридов превосходить по жизнестойкости, плодовитости и другим признакам в сравнении с родительскими формами [Головина, Романова, 2017]. Для товарного осетроводства необходимо детальное представление об особенностях репродуктивного процесса, влиянии разнообразных факторов на прохождение каждой стадии полового созревания, а также требованиях организма к условиям содержания на разных этапах развития. В наибольшей мере это важно для рыбоводных предприятий, выращивающих осетровых в условиях измененного температурного режима (УЗВ, комплексы на теплых водах и пр.) [Меркулов, Марков, 2017].

Целью исследований являлось изучение динамики развития репродуктивной системы гибридов осетровых рыб при выращивании в УЗВ.

Исследования проводились в Южном научном центре РАН. Объектом изучения служили производители гибридов осетровых рыб: стерлядь × белуга, белуга × стерлядь, русский осетр × ленский осетр. Выращивание рыб осуществлялось в УЗВ с регулируемым водным режимом. Кормление проводили продукционным комбикормом по рассчитанным нормам. Обновление воды в системе в сутки не превышало 5 % от ее общего объема. Для определе-

ния половой принадлежности рыб использовали ультразвуковой сканер Sono Scape, отбора проб гонад – полуавтоматическую биопсийную систему и рыбоводный щуп [Матишов и др., 2011].

При изучении репродуктивной системы гибрида стерлядь × белуга (стербел) в возрасте 26 месяцев установлено, что доля самцов составляла 29,8 %, самок 70,2 %. Масса рыб колебалась от 2,2 до 3,3 кг. У основной доли самцов половые железы были представлены II и III стадией зрелости (рис. 1). Ооциты 100 % самок не достигли завершающих стадий развития гонад.

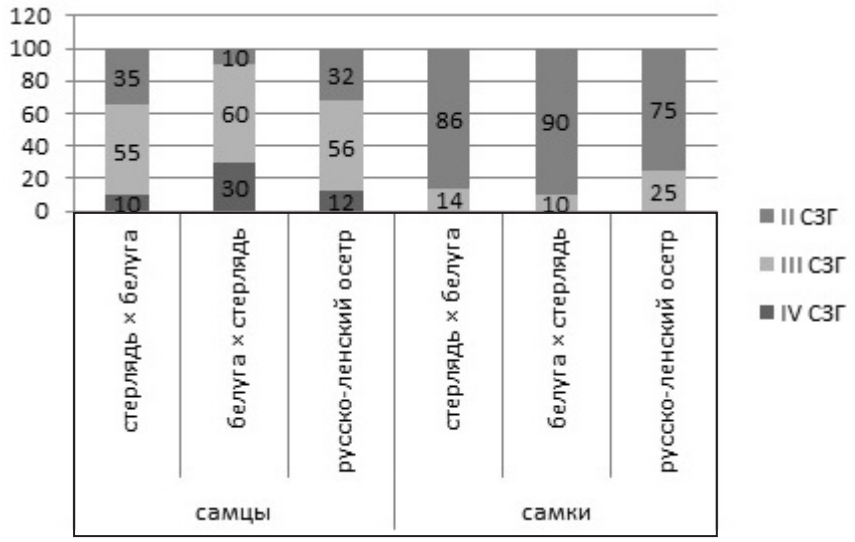


Рис. 1. Распределение самцов и самок в исследованных группах гибридов осетровых рыб по степени зрелости гонад (СЗГ)

При повторном обследовании через шесть месяцев результаты показали, что 70,3 % самок обследованных групп и 90,2 % самцов созрели, и их репродуктивные клетки находились на IV стадии зрелости.

Исследования созревания гибрида белуга × стерлядь (бестер) в возрасте 26 месяцев не дало стабильных результатов, поэтому спустя 2 месяца повторили тестирование. Масса рыб колебалась от 4,7 до 6,5 кг, соотношение самок и самцов составило 1:1. Репродуктивные клетки самцов находились в основном на III и IV стадиях зрелости (рис. 1), самок на II и III стадии. При осмотре, в возрасте 38 месяцев в группе самок гибрида белуга × стерлядь было 60 % особей на IV стадии зрелости, 30 % на III стадии и 10 % на II завершенной стадии. Все самцы были на IV стадии зрелости. Репродуктивные клетки одного производителя находились в перезревшем состоянии. Следует отметить, что гибрид белуга × стерлядь, также как и гибрид стерлядь × белуга, значительно быстрее созревает в условиях УЗВ, но на несколько месяцев позже, чем первый. Если сравнивать созревание родительских видов осетровых рыб, то можно предположить, что эти гибридные формы очень близки по созреванию к стерляди, но у гибрида стерлядь × белуга созревание при постоянных температурах идет быстрее.

В исследуемой группе русско-ленского осетра определено, что количество самок составляло 53 %, самцов – 47 %. Масса самок была 2,8–4,9 кг, самцов 1,9–3,6 кг. Самцы (12 %) находились на завершающих стадиях зрелости и на II и III стадиях (88 %), самки – на II и III стадиях зрелости. Тестирование производителей русско-ленского осетра, проведенное

через 16 месяцев (возраст 4,5 лет), показало, что произошло завершение оогенеза и сперматогенеза и яичники и семенники достигли IV завершенной стадии зрелости.

В заключение следует отметить, что выращивание как чистых видов осетровых рыб, так и их гибридов имеет наибольшую эффективность в плане ускоренного получения половых продуктов, при управляемых параметрах водной среды. Так, в случае с гибридами белуги и стерляди в полной мере проявляется скороспелость стерляди и потенция роста белуги, а у русско-ленского осетра созревание происходит несколько позже ввиду биологических особенностей родительских видов. В настоящее время для получения более эффективно созревающих гибридов различных видов осетровых рыб необходимо проводить селекционную работу по отбору рыб с наиболее выраженными признаками быстрого созревания гонад.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. 01201354245 с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН № 73602.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абросимова Н.А., Васильева Л.М.* Состояние и перспективы развития осетроводства на Юге России // Вопр. рыбного хозяйства Беларуси. 2016. № 32. С. 135–146.
2. *Васильева Л.М.* Проблемы и перспективы развития аквакультуры в Российской Федерации // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. № 1. С. 18–23.
3. *Головина Н.А., Романова Н.Н.* Иммуно-физиологическое состояние гибридов осетровых рыб при выращивании в аквакультуре // Состояние и пути развития аквакультуры в РФ в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: мат-лы II Национальной науч.-практ. конф. 2017. Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 20–23.
4. *Матишов Г.Г., Пономарёва Е.Н., Журавлева Н.Г. и др.* Практическая аквакультура (разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН) / Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 284 с.
5. *Матишов Г.Г., Пономарёва Е.Н.* Состояние и перспективы развития биотехнологий аквакультуры на юге России // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 1–3 окт. 2014 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. С. 11–13.
6. *Меркулов Я.Г., Марков И.А.* Управление созреванием осетровых рыб в аквакультуре с использованием ультразвуковой диагностики // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: мат-лы IX Междунар. науч.-практ. конф. (г. Керчь, 6 окт. 2017 г.). Керчь: КФ («ЮгНИРО»), 2017. С. 124–130.
7. *Пономарёва Е.Н., Сорокина М.Н., Григорьев, В.А., Корчунов А.А., Абсалямов Р.Б.* Формирование репродуктивных 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.
8. *Шишанова Е.И., Маилкова А.В., Новосадов А.Г.* Осетровые рыбы как объект разведения в искусственных условиях с зимней паузой роста (на примере Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона) // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2008. № 4 (20). С. 176–179.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СТОКА КРУПНЫХ РЕК АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА РОССИИ

О.С. Решетняк[1, 2], А.С.Медведева[1], А.Н. Решетняк[1]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону
olgare1@mail.ru

Состояние экосистемы Азово-Черноморского бассейна, в том числе устьевых экосистем крупных рек Дона и Кубани, имеет определяющее значение для устойчивого экономического развития Южного региона России. Водные ресурсы бассейна служат основным источником водоснабжения населения и хозяйственного комплекса, являются основой успешного развития многих отраслей сельского и промышленного производства.

Азово-Черноморский бассейн славится своими рыбными запасами, прибрежные территории имеют большое рекреационное значение. Давно известно об ухудшении состояния экосистемы Азово-Черноморского бассейна под влиянием возрастающей техногенной нагрузки. Негативное воздействие оказывают предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленные объекты, сельское хозяйство и судоходство [Скрипка, 2010].

Главными водными артериями Азово-Черноморского бассейна являются реки Дон и Кубань с их притоками. Именно с водами этих рек загрязняющие вещества: соединения железа, меди, ртути, биогенные вещества и пестициды – поступают в мелководное Азовское море – наиболее чувствительное к антропогенному воздействию. Поступление загрязняющих веществ с речным стоком оказывает негативное влияние на все элементы экосистемы Азовского моря и выступает одной из главных причин дестабилизации водных экосистем, наносит невосполнимый ущерб рыбному хозяйству, особенно сейчас, когда запасы биоресурсов в бассейне чрезвычайно малы и необходимы специальные меры по их сохранению [Скрипка, 2010]. Именно поэтому оценка химического стока крупных рек Азово-Черноморского бассейна достаточно актуальна в современный период.

Для сравнительной оценки химического стока крупных рек Азово-Черноморского бассейна проведены расчеты объемов и модулей стока растворенных химических веществ на замыкающих створах р. Дон (ст. Раздорская) и р. Кубань (хут. Тиховский). Ранее было показано, что по длине крупных рек происходит трансформация химического состава воды и суммарный эффект всех превращений проявляется к устью реки. Поэтому расчет химического стока для оценки его влияния на устьевые экосистемы целесообразно проводить по замыкающим створам [Брызгало и др., 2013; 2015].

Методика расчета объемов и модулей стока растворенных веществ на замыкающие створы рек подробно представлена в работе [Брызгало и др., 2015]. Сравнение химического стока двух рек проводится по значениям модулей стока как интегральной характеристике стока, учитывающей различия в площадях водосборных бассейнов рек.

Значения объемов стока растворенных химических веществ на замыкающие створы рек Азово-Черноморского бассейна за период с 2010 по 2017 г. приведены в таблице 1.

Для исследуемых рек характерна высокая изменчивость объемов химического стока практически по всем компонентам. В среднем объемы стока выше у р. Дон по большинству химических веществ, кроме соединений меди и цинка.

Таблица 1

Многолетняя изменчивость объемов химического стока рек Азово-Черноморского бассейна (2010–2017 гг.) [Медведева и др., 2019]

Ингредиенты	Объем стока химических веществ (тыс. т в год)			
	р. Дон – ст. Раздорская		р. Кубань – хут. Тиховский	
	диапазон значений	среднее	диапазон значений	среднее
Хлориды	2898–3996	3474	247,4–295,4	274,6
Сульфаты	5094–5958	5598	711,0–827,4	761,3
Азот аммонийный	4,32–5,94	5,15	0,68–0,88	0,78
Азот нитритный	0,55–0,74	0,65	0,09–0,13	0,11
Азот нитратный	1,58–16,7	15,9	11,5–12,6	12,2
Нефтепродукты	0,54–0,72	0,68	0,39–0,48	0,41
Соединения железа	2,70–3,24	2,92	0,98–1,66	1,15
Соединения меди	0,018–0,036	0,020	0,019–0,029	0,027
Соединения цинка	0,054–0,072	0,061	0,059–0,120	0,088

Как известно, определяющим фактором в изменчивости выноса химических веществ в устьевые области рек является речной сток [Брызгало и др., 2013; 2015, Никаноров и др., 2011; 2013]. Соответственно рекой с большей водностью может выноситься большее количество вещества (при прочих равных условиях). Данная закономерность нарушается по стоку соединений меди и цинка, когда более высокие объемы стока металлов характерны для р. Кубань, обладающей меньшей водностью.

Изучение изменчивости химического стока в устья рек имеет важное значение для оценки антропогенной нагрузки на устьевую область и возможного выноса загрязняющих веществ в прибрежные акватории морей. По ранее опубликованным данным [Брызгало и др., 2015] антропогенная нагрузка на устье реки Дон оценивается как «малая» по притоку биогенных, органических веществ и нефтепродуктов, на устье р. Кубань – как «малая» по поступлению органических веществ и «умеренная», или переходная в «критическую», по стоку азота аммонийного и нефтепродуктов.

Временная динамика химического стока исследуемых рек представлена на рисунке 1. За последние годы можно выделить следующие тенденции изменения стока химических веществ через замыкающие створы рек Дон и Кубань.

На устьевом участке р. Дон выявлены тенденции незначительного роста стока хлоридов и сульфатов (см. рис. 1) и снижения стока биогенных веществ на фоне стабильного поступления АСПАВ и нефтепродуктов [Медведева и др., 2019]. На устьевом участке Кубани также отмечается тренд на увеличение стока сульфатов на фоне небольшого снижения поступления хлоридов (см. рис. 1). При этом отмечается снижение объемов стока соединений железа до 2016 г. и резкое возрастание поступления со стоком соединений цинка в этот период [Медведева и др., 2019].

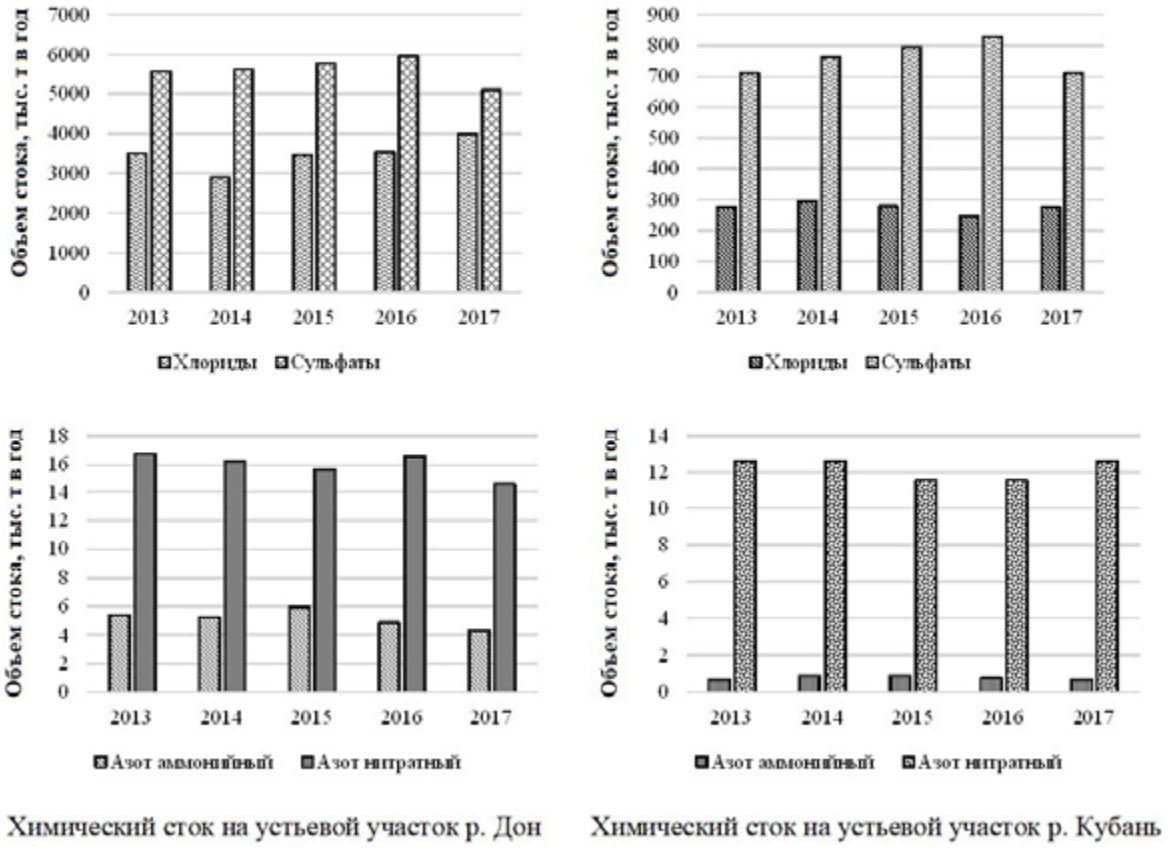


Рис. 1. Динамика химического стока крупных рек Азово-Черноморского бассейна [Медведева и др., 2019]

Сравнение модулей химического стока за исследуемый период показало, что наименьшие их значения характерны для р. Дон по большинству показателей (по сульфатам, органическим и биогенным веществам, нефтепродуктам и соединениям железа, меди и цинка). Сопоставимые значения отмечаются по модулям стока фосфатов (0,004 т/км^2 в год), и только по модулю стока хлоридов (в среднем 7,0 т/км^2 в год) р. Дон превосходит Кубань, что может свидетельствовать об усилении процесса засоления воды в нижнем течении Дона в условиях климатических изменений. Таким образом, наибольшую суммарную нагрузку по стоку химических веществ испытывает устьевая экосистема реки Кубань.

В заключение хотелось бы еще раз отметить, что сток растворенных химических веществ является одним из важнейших факторов формирования современного экологического состояния устьевых экосистем рек и прибрежных морских акваторий. Объемы переноса и компонентный состав химического стока формируются за счет местного и регионального распространения загрязняющих веществ.

Выявлена пространственная и межгодовая изменчивость химического стока на устьевых участках крупных рек Азово-Черноморского бассейна. Несмотря на то что в целом антропогенная нагрузка на устьевые области рек Дон и Кубань оценивается как малая или умеренная, необходимо контролировать изменчивость химического стока. Полученные результаты могут быть использованы не только при оценке нагрузки со стороны рек на прибрежные акватории южных морей, но и при оценке диффузного стока и изучении гидрохимического режима устьевых экосистем и прибрежных морских акваторий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брызгало В.А., Никаноров А.М., Решетняк О.С.* Изменчивость экологического состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России // Вода: химия и экология. № 12. 2013. С. 15–21.
2. *Брызгало В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С.* Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 164 с.
3. *Медведева А.С., Ситов А.В., Решетняк О.С.* Динамика выноса химических веществ крупными реками Юга России // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: мат-лы I Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию Орловского гос. ун-та им. И.С. Тургенева (г. Орёл, 23 мая 2019 г.). Орёл, 2019. С. 50–56.
4. *Никаноров А.М., Брызгало В.А., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю., Решетняк О.С.* Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Дон в современных условиях техногенного воздействия // Вода: химия и экология. № 1. 2011. С. 4–10.
5. *Никаноров А.М., Брызгало В.А., Решетняк О.С., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю.* Антропогенная трансформация экологического состояния и транспорт загрязняющих веществ по длине реки Кубань // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 2. 2013. С. 108–119.
6. *Скрипка Г.И.* Экологические проблемы развития судоходства в Азово-Черноморском бассейне и пути их решения // Транспорт РФ. 2010. 2 (27). С. 59–61.

СНИЖЕНИЕ ЗАПАСОВ БЕЛОРЫБИЦЫ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ БАССЕЙНЕ ВСЛЕДСТВИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ВОЛГИ И ЕЕ ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

А.В. Фирсова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
firsovaangelina1991@mail.ru

В настоящее время уровень естественного воспроизводства рыб снижается в результате загрязнения нерестилищ, образования непроходимых завалов на реках, уменьшения численности нерестовых стад, в том числе и от браконьерского вылова. Вследствие чего большое количество видов рыб, обладающих уникальным генотипом, оказалось на грани исчезновения. В связи с этим искусственное воспроизводство стало альтернативой естественного размножения, которое основано на отлове из естественных водоемов производителей рыб, разведении и подращивании молоди в искусственных условиях и выпуске ее в естественные водоемы или водохранилища. Также искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов является важной частью восстановления как видового разнообразия, так и численности того или иного вида рыбы.

Каспийский бассейн издавна является важнейшим рыбопромысловым районом России. Особую ценность представляет его эндемик – белорыбица.

Белорыбица (*Stenodus leucichthys leucichthys*, Guldenstadt, 1772) относится к семейству сиговых и является проходной рыбой. Ученые считают, что предковая форма волжской белорыбицы попала в Каспийское море из Северного Ледовитого океана в период соединения этих двух бассейнов [Богуцкая и др., 2013].

В прошлом белорыбица была ценным промысловым видом. Максимальные уловы составляли 1330 т в 1937–1939 гг. В период строительства Волжской ГЭС с 1949 по 1959 г. объем добычи сократился с 160 т до 400 кг, из-за чего с 1959 по 1985 г. действовал запрет на ее промышленный лов. До 1950-х гг. белорыбица поднималась на нерест от устья Волги до верховьев рек Белой и Уфы. Ее миграционный путь составлял более 3000 км [Летичевский,1963]. Волгоградский гидроузел, построенный на реке Волге, лишил белорыбицу естественных нерестилищ, в результате чего протяженность нерестовых миграций этого вида рыб заметно сократилась.

Благодаря рыбоводным мероприятиям, проведенным в 1970–1980 гг. в низовьях Волги, удалось не только сохранить белорыбицу после потери естественных нерестилищ, но и увеличить уловы с 0,4 т (конец 1950-х гг.) до 50 т (1995 г.). Но нелегальный вылов в конце XX – начале XXI в. снова подорвал запасы этого ценного вида рыбы [http://fish.gov.ru].

В последнее время уровень естественного воспроизводства белорыбицы практически равен нулю [Дубинин и др., 2000]. После зарегулирования стока Волги благодаря разработанной М.А. Летичевским [1963] биотехнике разведения белорыбицы в заводских условиях запасы белорыбицы формируются исключительно за счет искусственного воспроизводства. В период с 1958 по 2001 г. на рыбоводных заводах нижней Волги выращивалось от 10 до

16 200 тыс. экз. ее молоди [Сокольский и др., 2012]. С 2001 г. осуществлять отлов белорыбицы разрешено лишь для целей воспроизводства и научно-исследовательских работ. Вылов производителей при заготовке на заводы для рыбоводных целей переведен в дельту реки Волга, так как здесь наблюдается максимальная численность нерестового стада [http://fish.gov.ru/].

Александровский осетровый рыбоводный завод, находящийся в Астраханской области, занимается выращиванием молоди белорыбицы. Рыбоводный процесс по воспроизводству белорыбицы включает следующие этапы: заготовка производителей, преднерестовое выдерживание производителей, гормональная стимуляция производителей, получение зрелых репродуктивных клеток, оплодотворение икры, ее инкубация, подращивание личинок и выращивание молоди. Одним из основных и важных этапов всего процесса является работа с производителями, ведь от их качества зависит окончательный результат воспроизводства этого ценного вида.

Производителей белорыбицы заготавливают в период с ноября по апрель. Выдерживание осуществляют в специальных бетонных прямоугольных бассейнах с регулируемой температурой, объемом 30 000 м^3 (рис. 1А). За месяц перед нерестовой кампанией (октябрь) проводят бонитировку заготовленных особей, в результате которой самок и самцов рассаживают по разным бассейнам.

Температуру воды в бассейнах регулируют, используя специальные установки. Для этих целей по дну и на боковых стенках бассейнов проложены трубы, по которым из рефрижераторной установки подают хладагент. Таким образом, температуру воды здесь доводят до нерестовых значений. Для регулирования режимов нереста производителей инъецируют гормональным препаратом – сурфагоном (рис. 2Б). Получение спермы и икры осуществляют методом отцеживания [Иванов, 1988].

А Б

Рис. 1. Бассейн для выдерживания производителей белорыбицы (А). Гормональная стимуляция производителей белорыбицы (Б)

На сегодняшний момент количество производителей белорыбицы в Волго-Каспийском бассейне резко сократилось из-за неконтролируемого браконьерского вылова, что привело к снижению ее численности до критически низкого уровня [Матишов, Пономарёва, 2014]. В период с 2010 по 2017 г. Александровским осетровым рыбоводным заводом было заготовлено 237 производителей этого ценного вида рыб, из которых лишь 30 % – самки. За этот же период в естественную среду обитания было выпущено 5700 тыс. штук молоди белорыбицы. Этих объемов недостаточно для восстановления её запасов в Каспийском море. Для устойчивого пополнения стада следует выпускать не менее 10 млн штук молоди в год [http://fish.gov.ru/].

Одним из путей решения проблемы воспроизводства белорыбицы является создание маточного стада этого вида рыб на рыбоводном предприятии. В настоящее время на Александровском осетровом рыбоводном заводе в рамках экспериментальной работы осуществляется создание ремонтно-маточного стада эндемика Каспийского моря, выращиваемого от икры. Собственное маточное стадо позволит пополнять естественные популяции белорыбицы в необходимых объемах независимо от количества заготовленных производителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-016-00208.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богуцкая Н.Г., Кияшко П.В., Насека А.М., Орлова М.И.* Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 1: Рыбы и моллюски. СПб.; М.: Тов. научных изданий КМК, 2013. 543 с.
2. *Дубинин В.И., Сухопарова А.Д., Полетаев В.И., Пашкин Л.М.* Современное состояние нерестовых популяций белорыбицы в условиях зарегулирования Волги. Волгоград, 2000. С. 56–75.
3. *Иванов А.П.* Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.
4. КаспНИРХ: Запас эндемика Каспийского моря – белорыбицы – удается сохранить только за счет искусственного воспроизводства // Федеральное агентство по рыболовству. 23 января 2018. URL: http://fish.gov.ru/press-tsentr/novosti/21227-kaspnirkh-zapas-endemika-kaspijskogo-morya-belorybitsy-udaetsya-sokhranit-tolko-za-schet-iskusstvennogo-vosproizvodstva?layout=default&print=1&tmpl=component (дата обращения: 20.05.2020).
5. *Летичевский М.А.* Воспроизводство белорыбицы в условиях зарегулированного стока Волги. М.: Рыбное хозяйство, 1963. 173 с.
6. *Матишов Г.Г., Пономарёва Е.Н.* Состояние и перспективы развития биотехнологий аквакультуры на юге России // Актуальные вопросы рыбного хозяйство и аквакультуры бассейнов южных морей: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 1–3 окт. 2014). Ростов н/Д., 2014. С. 11–13.
7. *Сокольский А.Ф., Зыков Л.А., Абдурахманов Г.М., Сокольская Е.А.* К вопросу обоснования альтернативы предложению Росрыболовства организации морского промысла неиспользуемых видов морских рыб Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2012. № 1. С. 135–143.

ВЛИЯНИЕ ДЕТЕРГЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ ЧЕРНОМОРСКОГО *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva *in vitro*

О.А. Шахматова

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь
oshakh@gmail.com

Детергенты – синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), как и соединения азота, – главные компоненты хозяйственно-бытовых стоков, которые являются основными загрязнителями морских акваторий. Известно их отрицательное воздействие на морскую биоту [Lewis, 1991], однако по сравнению с другими гидробионтами токсичность этой группы загрязнителей для морских макроводорослей определена довольно слабо [Han et al., 2007; Lewis, 1990]. Причем оценка токсичности осуществлялась в основном на показателе смертности клеток (для микроводорослей) [Pavlić et al., 2005; Маркина, 2009], на визуальной констатации изменения цвета таллома, механической деструкции мембран клеток, или снижении концентрации хлорофилла у микро и макроводорослей [Паршикова и др., 1994; Masakorala, 2011]. Тогда как антиоксидантные показатели наиболее системно отражают состояние живых организмов, подверженных воздействию стрессовых факторов.

Антиоксидантная система (АОС) – ведущее звено адаптационных процессов у всех групп организмов, в том числе, и у гидробионтов [Winstone, Di-Giulio, 1991; Carocho, Ferreira, 2013]. Активация АОС рассматривается как универсальный отклик живого на негативное влияние окружающий среды. Показатель интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) является интегральной характеристикой окислительного стресса, определение его экономично, не занимает много времени. Поэтому в качестве биомаркера в наших исследованиях был выбран показатель ПОЛ.

Макроводоросль *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva является ведущим многолетним бореально-тропическим видом черноморской прибрежной экосистемы. Обладает высокой способностью к накоплению из воды различных токсических веществ, что дает возможность использовать его в качестве тест-объекта при изучении экотоксического влияния загрязнителей на гидрофиты.

Поэтому целью данной работы было исследование комплексного действия детергента с использованием стирального порошка «Tide» в диапазоне различных концентраций на биохимический маркер ПОЛ *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva. Изменение этого показателя в первую очередь свидетельствует о токсическом окислительном стрессе, который испытывают макроводоросли.

Объектом исследования являлся массовый вид черноморских красных макроводорослей *Gelidium spinosum*, для которого ранее был отмечен максимальный уровень отклика на хозяйственно-бытовое загрязнение, по сравнению с другими исследованными видами макрофитов в полевых условиях [Мильчакова, Шахматова, 2007].

Для эксперимента отбирали вегетативно зрелые прикрепленные талломы растений в районе Севастопольского взморья (Бухта Круглая) на глубине 0,2–0,5 м, которые после адаптации в лабораторных условиях в течение суток, помещали в аквариумы с морской водой, взятой из 10-мильной зоны, объемом 2 л с добавками детергентов для создания концентраций 0,1, 1,0 и 10 мг/дм^3, и культивировали при естественном освещении и температуре в течение 40 часов. Диапазон концентраций исследуемых сурфактантов включал концентрации, соответствующие содержанию их в Мировом океане – 0,1–5,2мг/дм^3 [Маркина, 2009].

Уровень ПОЛ определяли по накоплению конечного продукта – малонового диальдегида (МДА) с помощью тиобарбитуровой кислоты [Стальная, Гаришвили, 1977]. В основе метода лежит реакция между МДА и тиобарбитуровой кислотой, которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием триметинового комплекса, содержащего молекулу МДА и две молекулы тиобарбитуровой кислоты. Интенсивность процесса ПОЛ количественно выражали в наномолях малонового диальдегида на 1 г сырого веса водоросли (нМ МДА/г).

Биохимические показатели измеряли перед началом эксперимента и через 40 часов. В каждой точке отбирали 6 повторностей образцов на определение значения биомаркеров, сырой вес водорослей определяли методом взвешивания на аналитических весах

Результаты экспериментальных наблюдений изменения содержания ТБК-активных продуктов *Gelidium spinosum* по сезонам при воздействии детергентов представлены на рисунке 1.

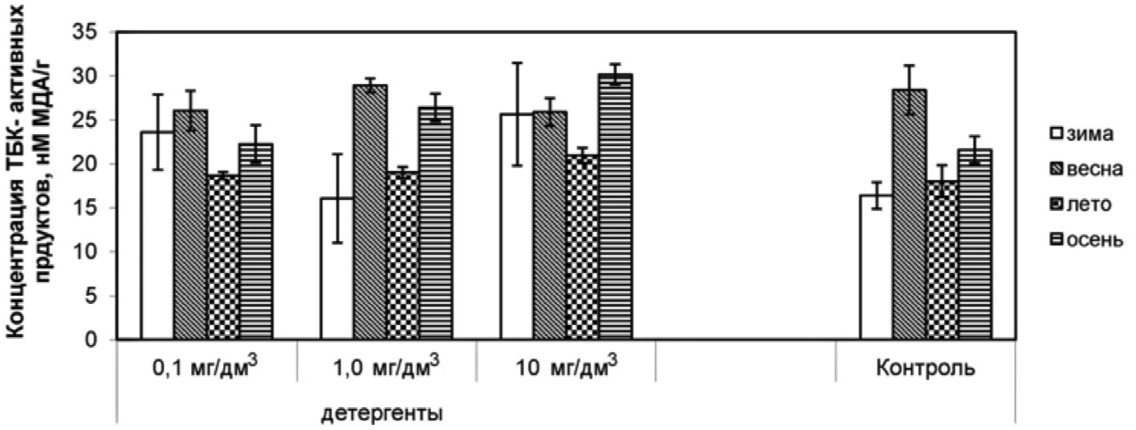


Рис. 1. Влияние детергентов на содержание ТБК-активных продуктов *Gelidium spinosum* в различные сезоны, 2016 г.

Влияние детергентов в исследуемых концентрациях в зимний период выразилось в изменении концентрации ТБК-активных продуктов в диапазоне 16,06 ± 3,03 – 25,64 ± 5,83 при контрольных значениях 16,41 ± 1,5 нМ МДА/г. Весной отмечали в целом увеличение интенсивности ПОЛ. Значения варьировали от 25,9 ± 1,57 до 28,41 ± 2,8. Контроль составлял 28,41 ± 2,8 нМ МДА/г. Летом и осенью было обнаружено снижение абсолютных значений ПОЛ по сравнению с весенним периодом, однако увеличены их относительно контрольные значения. Диапазон изменений исследуемого показателя в этот период составил 18,67 ± 0,41 – 30,17 ± 1,15 при уровне контроля 18,03 ± 1,8 и 21,6 ± 1,53 нМ МДА/г соответственно. Таким образом, при действии сурфактантов на процесс ПОЛ у *Gelidium spinosum* в концентрациях 0,1, 1,0 и 10 мг/л выявлено его усиление, по сравнению с контрольными

значениями в зимний, летний и осенний периоды на 27, 9 и 20 % соответственно. Лишь в весенний период детергенты в указанных концентрациях угнетающе действовали на процесс липопероксидации, в данном случае наблюдали снижение его интенсивности на 5 % по сравнению с контролем. Максимальная величина увеличения ПОЛ отмечена в летний период – на 36 % по сравнению с контрольными значениями.

Исследование выполнено по теме НИР № 0556-2019-0002 (№ АААА-А18-118020890074-2) «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маркина Ж.В.* Действие детергентов и поверхностно-активных веществ на рост., физиологические и биохимические показатели одноклеточных водорослей (обзор) // Известия ТИНРО. 2009. Т. 156. С. 125–134.
2. *Мильчакова Н.А., Шахматова О.А.* Каталазная активность наиболее массовых видов черноморских водорослей-макрофитов в градиенте хозяйственно-бытового загрязнения // Морской экол. журн. 2007. Т. 6. № 2. С. 44–57.
3. *Остроумов С.А., Соломонова Е.А.* Фитотоксичность пав-содержащего препарата для макрофитов // Экологическая химия. 2012. Т. 21. № 2. С. 112–116.
4. *Паршикова Т.В., и др.* Влияние поверхностно-активных веществ на функционирование фотосинтетического аппарата хлореллы // Альгология. 1994. Т. 4. № 1. С. 38–46.
5. *Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г.* Методы определения малонового диальдгида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / ред. В.Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. С. 63–64.
6. *Carocho M., Ferreira I. C.F.R.* A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodolo- gies and future perspectives // Food Chem. Toxicol. 2013. Vol. 51. P. 15–25.
7. *Han Y.-K., et al.* Evaluating aquatic toxicity by visual inspection of thallus color in the green macroalga Ulva: testing a novel bioassay // Environmental Science & Technology. 2007. Vol. 41. P. 3667–3671.
8. *Lewis M.A.* Chronic toxicities of surfactants and detergent builders to algae: a review and risk assessment // Ecotoxicol Environ Safe. 1990. Vol. 20. P. 123–140.
9. *Lewis M.A.* Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: a review and risk assessment // Water Res. 1991. Vol. 25. P. 101–113.
10. *Masakorala K., et al.* Toxicity of Synthetic Surfactants to the Marine Macroalga, *Ulva lactuca* // Water Air Soil Pollut. 2011. Vol. 218 . P. 283–291.
11. *Pavlić Ž., et al.* Toxicity of surfactants to green microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata* and Scenedesmus subspicatus and to marine diatomsPhaeodactylum tricornutum and Skeletonema costatum// Chemosphere. 2005. Vol. 61. Iss. 8. P. 1061–1068.
12. *Winstone G.W., Di-Giulio R.T.* Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms // Aquat. Toxicol. 1991. Vol. 19. No. 2. P. 137–161.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЕ В 2017 г.

О.Н. Ясакова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
yasak71@mail.ru

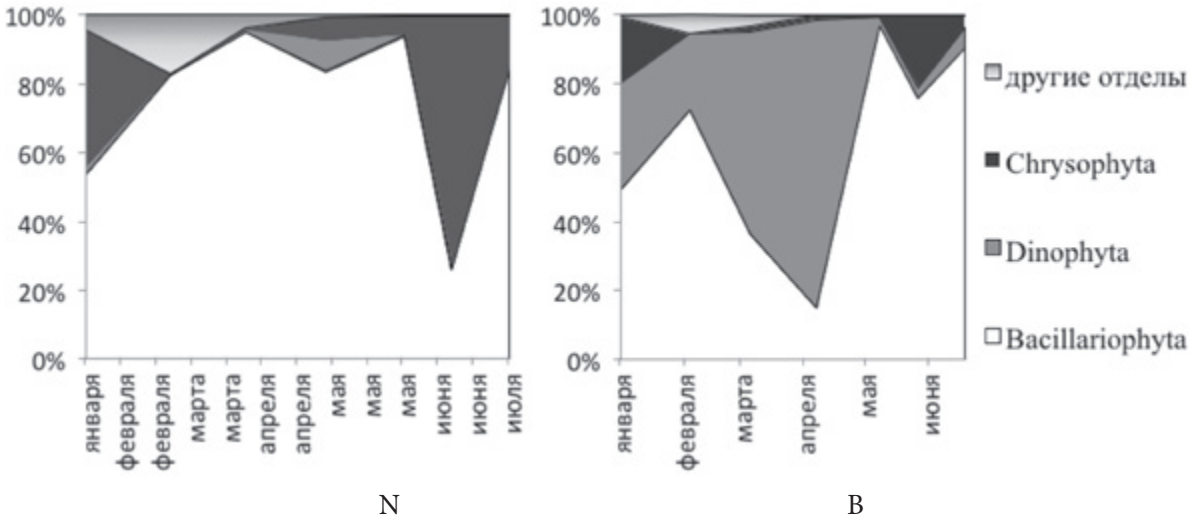
Исследования фитопланктона проводили ежемесячно с января по июль 2017 г. на 3 станциях, расположенных в разных районах Новороссийской бухты: порт, средняя и открытая (район ОАО «Шесхарис») части. Пробы планктонных водорослей (объемом 1–1,5 литра) отбирали в светлое время суток с помощью батометра с борта судна т/х «Василенко» (АМП по ЧМ). Для камеральной обработки проб применяли седиментационный метод, обработку проб проводили согласно общепринятым руководствам [Макаревич, Дружков, 1989]. Таксономическую принадлежность водорослей устанавливали по определителям [Киселев, 1950; Прошкина-Лавренко, 1955; Dodge, 1982; Tomas, 1997].

В период исследований было обнаружено 58 видов фитопланктона, относящихся к 6 отделам *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Euglenophyta* (эвгленовые), *Cryptophyta* (криптофитовые водоросли) и *Cyanophyta* (синезеленые), а также 12 таксономических единиц, определенных до рода и мелкие фитофлагелляты (*Flagellata*). Наибольшее видовое разнообразие отмечено среди динофитовых (33 вида) и диатомовых водорослей (18 видов). Другие отделы были представлены 1–3 видами (табл. 1).

Величины численности и биомассы планктонных водорослей во всей исследуемой акватории Новороссийской бухты изменялись в пределах 61–5156 тыс. кл./л и 36–4599 мг/м^3 соответственно и в среднем составили 1293 тыс. кл./л и 1188 мг/м^3.

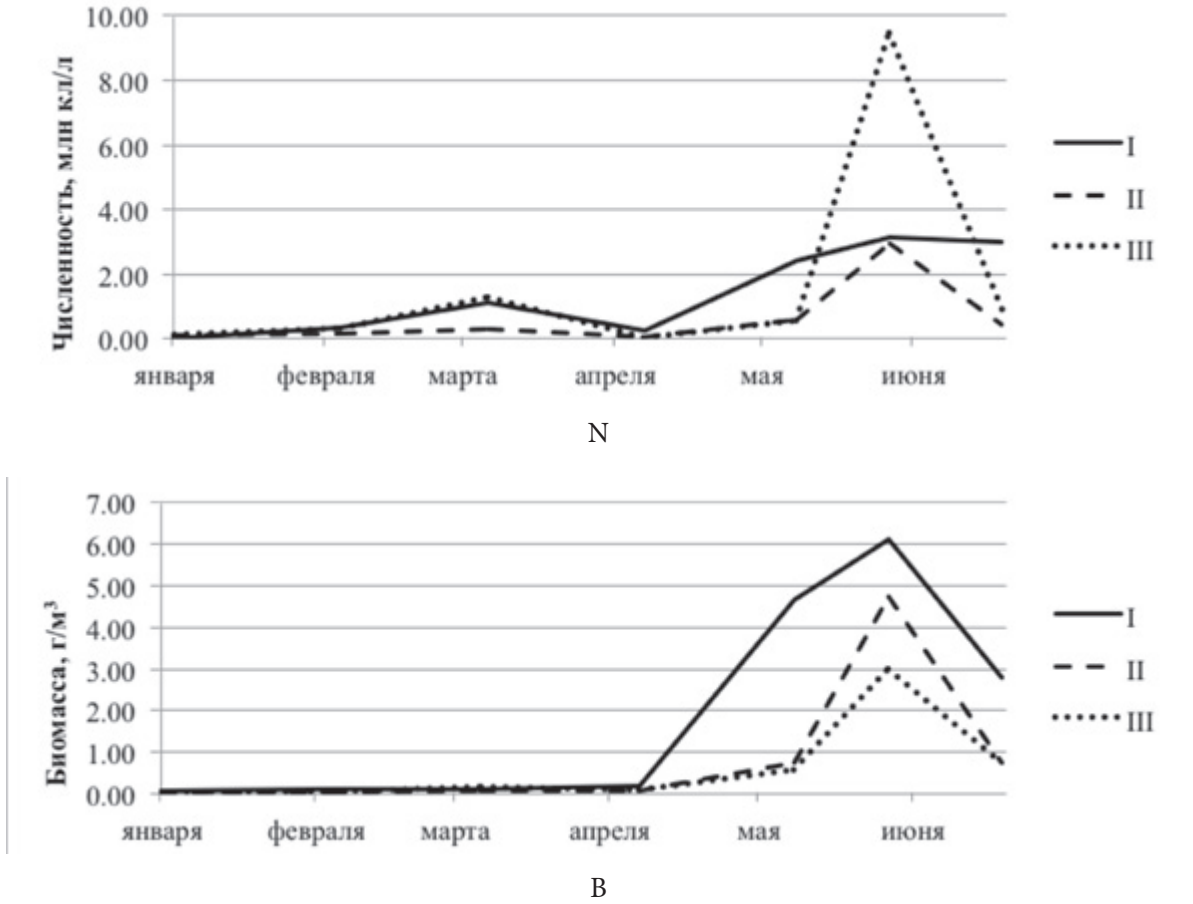
В январе и апреле зарегистрированы наиболее низкие величины количественного развития фитопланктона (до 102 тыс. кл./л) (рис. 1 и 2). Обилие планктонных водорослей в феврале и марте было в 2–10 раз выше (258–871 тыс. кл./л). Значения биомассы изменялись в пределах от 36–56 мг/м^3 (январь – февраль) до 108–116 мг/м^3 (март – апрель). Со второй половины января по конец марта доминировали (53–88 % общей численности фитопланктона) холодноводные и эвритермные виды диатомовых водорослей *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*. Надо отметить, что ежегодное «цветение» *S. costatum* в весенний период характерно для всей шельфовой зоны северо-восточной части Черного моря [Ясакова, Макаревич, 2017]. В конце апреля превалировали (83 % общей численности) виды рода *Chaetoceros* и *Nitzschia tenuirostris*.

Основу (80–98 %) биомассы в зимне-весенний период формировали как мелкие виды динофитовых (*Heterocapsa triquetra*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Oblea rotunda*, *Gonyaulax spinifera*) и диатомовых водорослей (*Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum* и *Thalassionema nitzschioides*), так и более крупные виды родов *Ceratium*, *Protoperidinium* и *Proboscia alata*. В апреле после интенсивной вегетации диатомовых водорослей, наблюдали обильное развитие динофлагеллят, оставивших в это время значительную часть (9 %) численности и (83 %) биомассы фитопланктона.



N B

Рис. 1. Сезонная динамика процентного соотношения средних величин численности (N) и биомассы (B) доминирующих отделов планктонных водорослей в акватории Новороссийской бухты в 2017 г.



N

B

Рис. 2. Сезонная динамика величин численности (N) и биомассы (B) фитопланктона в различных районах Новороссийской бухты в 2017 г.
Примечание: I – Порт, II – средняя часть, III – открытая часть Новороссийской бухты.

Летом (конец мая – июль) отмечали высокие значения численности (1178–5156 тыс. кл./л) и биомассы фитопланктона (1409–4599 мг/м^3). В конце мая и в середине июля основу этих величин (соответственно 84–94 % и 76–96 %) формировали диатомовые водоросли, основными среди которых были *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, *Dactyliosolen fragilissimus*. В середине июня в планктоне Новороссийской бухты наблюдали «цветение» воды, вызванное интенсивным развитием (в среднем по бухте 73 % общей численности и 21 % биомассы) нанопланктонного вида золотистых водорослей *Emiliania huxleyi*. Численность *E. huxleyi* в открытой части бухты достигала 8800 тыс. кл./л. Эти величины были близки к рекордной за последние два десятилетия плотности клеток этого вида (16000 тыс. кл./л), зафиксированной в летний период 2012 г. [Ясакова, Станичный, 2012]. Интересно, что в составе фитопланктона практически не наблюдали развитие такого крупного тропического вида диатомовых как *Pseudosolenia calcar-avis*, обычно доминирующего в шельфовой зоне Черного моря летом и осенью [Прошкина-Лавренко, 1955].

Таблица 1

Таксономический состав фитопланктона в районе исследований в 2017 г.

Отделы и виды водорослей / месяц исследования	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Bacillariophyta:							
Bacillaria paradoxa J.F. Gmelin	–	+	+	–	–	–	–
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey	–	–	–	–	+	+	+
Chaetoceros curvisetus Cleve	–	+	–	–	+	+	+
Chaetoceros compressus Lauder	–	–	–	–	–	+	+
Chaetoceros insignis Proshkina-Lavrenko	–	–	–	–	–	+	–
Chaetoceros socialis Lauder	–	+	–	+	–	–	–
Chaetoceros spp.	–	+	–	+	+	–	+
Coscinodiscus subtilis Ehrenberg	–	–	–	+	–	–	
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle	–	–	–	–	–	–	+
Leptocylindrus danicus Cleve	–	–	–	–	+	+	+
Leptocylindrus minimus Gran	–	–	–	–	–	–	+
Nitzschia tenuirostris Mer.	–	+	+	+	+	+	+
Pleurosigma sp.	–	+	–	–	–	–	–
Pleurosigma elongatum W. Smith	–	+	–	+	+	–	–
Proboscia alata (Brightwell) Sundström	+	–	–	–	–	+	–
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) B.G. Sundström	–	–	–	+	–	–	–
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H. Peragallo	–	–	–	+	–	–	+
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle (complex)	–	+	+	–	+	+	+
Skeletonema costatum (Greville) Cleve	+	+	+	–	+	+	+
Thalassiosira sp.	+	+	+	–	–	–	–
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky	+	+	–	+	+	–	+
Dinophyta:							
Alexandrium sp.	–	+	–	–	–	+	–
Ceratium tripos (O.F. Müller) Nitzsch	–	+	+	+	+	+	+
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	–	–	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède et Lachmann	+	+	+	+	+	+	–
Dinophysis caudata Saville-Kent	–	–	–	–	–	+	+
Dinophysis fortii Pavillard	–	–	+	–	–	–	–
Dinophysis rotundata Claparède et Lachmann	+	–	–	+	+	+	+
Diplopsalis lenticula Bergh	–	–	–	+	+	+	+
Glenodinium pilula (Ostenfeld) Schiller	–	–	–	–	–	–	+
Ensiculifera carinata Matsuoka, Kobayashi et Gains	–	+	+	–	–	+	–
Heterocapsa rotundata (Lohmann) G. Hansen	–	–	–	–	–	+	–
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein	+	+	+	+	+	+	–
Heterocapsa spp.	–	–	–	–	–	+	+
Glenodinium sp.	–	–	+	–	–	+	–
Gyrodinium fusiforme Kofoid et Swezy	–	–	–	+	–	–	–
Gymnodinium elongatum Hope	+	–	+	–	+	+	–
Gymnodinium spp.	–	–	–	–	–	+	+
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing	+	+	+	+	+	+	+
Gonyaulax digitalis (Pouchet) Kofoid	+	+	+	–	–	+	+
Gonyaulax verior Sournia	–	–	–	–	–	+	–
Gonyaulax sp.	+	–	+	+	+	–	+
Prorocentrum compressum (Bailey) Abé ex J.D. Dodge	–	–	+	–	–	+	+
Prorocentrum micans Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	+
Protoperidinium bipes (Paulsen) Balech	–	–	+	–	–	–	–
Protoperidinium brevipes (Paulsen) Balech	–	–	+	–	+	+	+
Protoperidinium aff conicum (Gran) Balech	–	–	–	–	+	+	+
Protoperidinium crassipes (Kofoid) Balech	–	+	+	–	–	–	+
Protoperidinium depressum (Bailey) Balech	–	–	–	–	+	+	–
Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech	+	–	+	+	+	+	+
Protoperidinium knipowitschii (Usachev) Balech	–	–	–	–	+	–	–
Protoperidinium granii (Ostenfeld) Balech	+	+	–	–	–	–	–
Protoperidinium pellucidum Bergh.	–	+	+	–	+	+	+
Protoperidinium oblongum (Aurivillius) Parke et Dodge	–	–	–	+	–	–	+
Protoperidinium pallidum (Ostenfeld) Balech	–	–	+	–	–	–	–
Protoperidinium steinii (Jørgensen) Balech	–	+	+	–	+	+	–
Protoperidinium spp.	–	+	+	+	–	+	–
Oblea rotunda (Lebour) Balech ex Sournia	+	–	+	+	+	+	–
Oblea sp.	–	–	–	+	–	–	–
Scrippsiella trochoidea (Stein) Loeblich	+	+	+	+	–	+	+
Spathulodinium pseudonoctiluca (Pouchet) Cachon ex Loeblich	–	–	–	–	–	+	–
Chrysophyta:							
Dictyocha speculum Ehrenberg	+	+	–	–	–	–	–
Octactis octonaria (Ehrenberg) Hovasse	+	–	–	+	–	–	–
Emiliania huxleyi (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler	+	–	–	+	+	+	+
Euglenophyta:							
Euglena sp.	–	–	–	–	–	+	–
Eutreptia lanowii Steuer	–	+	–	+	+	+	+
Cyanophyta:							
Oscillatoriales spp.	+	–	–	–	–	–	–
Lyngbya sp.	–	+	–	+	–	–	–

Окончание табл. 1

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Planktolyngbya limnetica (Lem.) Komárková-Legnerová et Cronberg	+	–	–	–	–	–	–
Cryptophyta:							
Plagioselmis prolonga Butcher ex G. Novarino	–	–	+	–	–	–	–
Plagioselmis punctata Butcher	+	–	–	–	–	–	–
Fitoflagellata:							
Flagellata sp.	+	+	–	–	–	–	–

Примечание: «+» – наличие вида, «–» – отсутствие вида.

В открытой части бухты средняя за период исследования величина численности (1794 тыс. кл./л) вследствие обилия золотистых водорослей была в 1,2 и 3 раза выше, чем в порту и средней части бухты. Средние значения биомассы в порту (1987 мг/м^3) вследствие обилия крупных видов диатомовых водорослей в 2 и 3 раза превышали величины, отмеченные в других исследуемых районах бухты.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, гр. проект № АААА-А18-118122790121-5. Глубокую признательность за возможность проведения гидробиологических работ в акватории Новороссийской бухты выражаю руководителю ФГБУ «АМП Черного моря» В.В. Ерыгину и руководителю группы предотвращения и ликвидации загрязнений моря ФГБУ «АМП Черного моря» В.С. Бердникову.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев И.А.* Панцирные жгутиконосцы. М.; Л: АНСССР, 1950. 280 с.
2. *Коновалова Т.В.* Динофлагелляты Дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1998. 299 с.
3. *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.
4. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Черного моря. АНСССР, 1955. 216 с.
5. *Ясакова О.Н., Макаревич П.Р.* Фитопланктон северо-восточной части Черного моря. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 176 с.
6. *Ясакова О.Н., Станичный С.В.* Аномальное цветение *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae) в 2012 году в Черном море // Морской экологический журнал. Севастополь, Украина. 2012. Т. XI. № 4. С. 54.
7. *Dodge J.D.* Marine dinoflagellates of the British Isles. London: HMSO. 1982. 301 p.
8. *Tomas C.* (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company, 1997. 821 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Дмитрий Геннадьевич Матишов 5

Матишов Г.Г., Степаньян О.В.
Вклад члена-корреспондента РАН Дмитрия Геннадьевича Матишова в изучение Мирового океана 7

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Агаркова-Лях И.В.
Крупнейший техногенный оползень в Юго-Западном Крыму. 17

Алимпиева М.А., Морозова С.В., Завьялова Е.В.
Сравнительный анализ суточных сумм осадков в Саратове и Ростове-на-Дону 21

Архипкин В.С., Павлова А.В., Мысленков С.А.
О моделировании штормовых нагонов в Северном Каспии на триангуляционной сетке 24

Бабешко В.А., Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Евдокимова О.В., Телятников И.С., Федоренко А.Г., Шестопалов В.Л.
Стартовые землетрясения и цунами в зоне субдукции 28

Бабешко В.А., Шестопалов В.Л., Плужник А.В.
К вопросу о стартовых землетрясениях в районе восточного побережья Крыма 33

Ионов В.В.
Об использовании архивных данных гидрометеорологических наблюдений для синоптического мониторинга климатических фронтов на поверхности Южного океана 37

Карцева М.В., Фоменко В.А., Куликова В.В., Бородако А.М., Климов В.В., Шестопалов В.Л., Шереметьев В.М.
Анализ оползневой активности сухопутной части трассы магистрального газопровода «Голубой поток» по данным газ-геофизических полей 42

Кринко Е.Ф.
«Выполняемые исследования и проектирование никем не контролируются…»: предложения профессора В.П. Зенковича по защите морских берегов 48

Миронюк С.Г., Кропоткин М.П.
Возможный механизм и причины образования утришских оползней суши и шельфа (полуостров Абрау) 52

Морозова С.В., Алимпиева М.А., Завьялова Е.В.
Резкие перепады средней суточной температуры воздуха и возможности их прогноза 58

Полозок А.А., Фомин В.В., Лемешко Е.Е.
Пространственные характеристики штормовых нагонов в Азовском море при разных фазах движения циклона. 63

Романчук Р.В.
Инвазивные виды чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) на юге России 68

Сазонов А.Д., Комаров Р.С.
Экономический ущерб от засухи и заморозков на территории России в 2015–2019 гг. 73

Санин А.Ю.
Природные опасности, сдерживающие развитие туризма
в приморских рекреационных территориях Российской Федерации. 77

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.
Вихревые структуры и вдольбереговой перенос у северного побережья
Самбийского полуострова по результатам численного моделирования 81

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.
Оценка распространения остатков геосинтетических материалов
от побережья Калининградской области с помощью численного моделирования 86

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.
Экстремальное волнение на Балтике по результатам численного моделирования 91

Сорокина В.В., Московец А.Ю., Клещенков А.В.
Экстремальные гидрологические явления в дельте Дона,
связанные с действием ветра, в 2015–2017 гг. 95

Чикин А.Л., Чикина Л.Г.
Моделирование ветрового волнения в Таганрогском заливе
и его влияния на процессы седиментации. 101

Шевердяев И.В., Клещенков А.В., Мисиров С.А.
Полевые исследования условий формирования паводков
на реках Северо-Западного Кавказа в 2019–2020 гг. 105

Шестопалов В.Л., Фоменко В.А., Глазырин Е.А., Карцева М.В., Куликова В.А., Бородако А.М.
Многомерный анализ временных рядов GNSS-наблюдений
в районе Большого Сочи в 2017–2018 гг. 109

**АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ,
СТОКА КРУПНЫХ РЕК И ОЗЕР В ОКЕАН
С УЧЕТОМ ПАЛЕОКЛИМАТА И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В БАССЕЙНАХ МОРЕЙ РОССИИ**

Григоренко К.С., Олейников Е.П.
Изменения солености Азовского моря в 2018–2019 гг.
(по данным судовых наблюдений НИС «Денеб») 113

Ильичев В.Г.
Об адаптации водорослей к температуре и солености. Модельный анализ. 116

Ковалев К.В., Докина О.Б., Пронина Н.Д.
О возможностях и перспективах использования коллекций криобанков рыб
для мероприятий по сохранению и восстановлению биоразнообразия 120

Красильникова А.А.
Сохранение редких и исчезающих видов рыб в условиях глобальных
климатических и индустриальных вызовов 123

Магаева А.А., Яицкая Н.А., Бердников С.В.
О проекте «Влияние гидрометеорологических условий в предзимний период
на формирование и динамику ледового режима Азовского моря в многолетнем аспекте» 126

Свистунова Л.Д.
Зоопланктон Азовского моря и Таганрогского залива
полноводного 2019 г. в летний период 128

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Ковалёва Г.В.
Биологические инвазии фитопланктона как предпосылки возникновения «цветений» воды в Азовском море 132

Кузнецова О.Г., Миронюк С.Г.
Особенности концентрации поллютантов акватории Джубга – Лазаревское – Сочи..... 137

Саяпин В.В.
Желетелый макрозоопланктон Прикерченского района Черного моря в зимне-весенний период 2019 г. 143

Старцев А.В., Карасёва А.Ю., Бутова В.А.
Экология амурского чебачка устьевого взморья Дона 147

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Беспалова Л.А., Бердников С.В.
Комплексный анализ факторов интенсификации береговых процессов Азовского моря в многолетнем аспекте и в современный период..... 150

Глушко А.Е., Беспалова Л.А., Петько А.В., Шехурдин Г.Г.
Загрязнение пляжей и прибрежных вод Азовского моря микропластиком 154

Давыдов А.В., Черняков Д.А.
Влияние штормовых нагонов на формирование и эволюцию прорв в пределах аккумулятивных форм бесприливных морей 158

Дбар Р.С., Жиба Р.Ю.
Оценка динамики морских берегов Абхазии с использованием исторической аэрофотосъемки и методов дистанционного зондирования Земли 163

Зуб О.Н.
Влияние опасных береговых процессов на состояние экосистем Азово-Черноморского побережья.... 165

Косьян Р.Д., Дивинский Б.В.
Вклад различных компонентов поверхностного волнения во вдольбереговой транспорт песчаных наносов 168

Кулыгин В.В.
Оценка риска опасных природных процессов в береговой зоне Таганрогского залива..... 173

Магаева А.А., Огородов С.А., Мазнев С.А., Яицкая Н.А., Вереняев С., Сигитов А., Кадранов Е.
Ледяные торосистые образования Северного Каспия в условиях колебания уровня и ледовитости.... 177

Мисиров С.А., Магаева А.А., Цыганкова А.Е.
Оценка динамики берегов Таганрогского залива (на примере северного берега) при помощи ГИС и ДЗЗ 182

Помазков Д.С., Карасёва А.Ю.
Расчистка от заиливания, наносов песка и грунта предустьевых и устьевых участков р. Мышкова (Цимлянское водохранилище) 186

Скрипка Г.И., Глинка В.В., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В.
Уточнение схемы типов берегов Цимлянского водохранилища на основе съемок с беспилотных летательных аппаратов..... 191

Скрипка Г.И., Сердюк Л.В., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А.
Исследование овражно-балочной сети береговой зоны Цимлянского водохранилища с использованием картометрических методов и данных дистанционного зондирования..... 194

Хаванский А.Д., Латун В.В., Меринова Ю.Ю., Хорошев О.А.
Районирование береговой зоны Азовского моря по степени опасности
проявления абразионных и оползневых процессов 197
Хорошев О.А., Меринова Ю.Ю., Хаванский А.Д., Латун В.В.
Оценка прогнозируемого экономического ущерба социально-экономическим объектам
от последствий проявления абразионных процессов в береговой зоне Азовского моря 202
Шелушинин Ю.А., Макаров К.Н.
Подобие режима волнения при искажении масштаба гидравлической модели 207

**ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Аракелов М.С., Долгова-Шхалахова А.В., Ахсалба А.К.
Оценка состояния береговых систем краснодарского Причерноморья
в условиях рисков негативного воздействия рекреационной деятельности 212
Афанасьев В.В., Игнатов Е.И.
Морфогенетическая дифференциация берегов контактных зон Северной Пацифики 217
Афанасьев В.В., Игнатов Е.И., Уба А.В.
Морфогенетическая дифференциация берегов Северной Пацифики 222
Вареник А.В., Коновалов С.К.
Многолетние изменения содержания неорганического азота в атмосферных осадках г. Севастополя 226
Гольдин Е.Б.
Современные угрозы в заповедных лесных экосистемах побережья Крыма 231
Далекая Л.Б.
Доминирующие виды макроэпибионтов в зарослях цистозиры
прибрежной зоны Юго-Западного Крыма 236
Зуб О.Н.
Особенности формирования техногенных ландшафтов в результате
процессов антропогенного литогенеза 240
Кренёва К.В.
Многолетняя динамика цилиатопланктона Таганрогского залива Азовского моря в зимний период . . . 244
Куричева А.С., Сергеева О.С., Миненко Н.С., Бобкова А.В.
Динамика изменения площади зеркала пруда Большой Лиман Волгоградской области 247
Орехова Н.А., Коновалов С.К.
Формирование зон экологического риска в придонном слое вод прибрежных экосистем 251
Прокопенко Е.В.
Население герпетобионтных пауков (Aranei) биотопов
с различной степенью антропогенной трансформации в НПП «Меотида» 256
Савицкий Р.М., Савицкая С.С.
Ветроэлектростанции и птицы Азовского моря: проблемы и перспективы развития 260
Сушко К.С., Ильина Л.П.
Оценка степени деградации островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона
в современный период 263
Терсков Е.Н., Шохин И.В.
К познанию супралиторальной фауны беспозвоночных животных
Таманского полуострова в условиях антропогенных изменений 269
Толочко И.В.
Некоторые итоги изучения палеоэкологической ситуации
в дельте Дона и на побережье Азовского моря 273

Уланова С.С.
Водохранилища Калмыкии и экотонные системы «вода – суша»
их побережий в условиях антропогенного воздействия 276
Щербина В.Г.
Факторная оценка рекреационной трансформации лесных экосистем региона Большой Сочи 281

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

Мамедов А.Ш.
Особенности пожаров и борьбы с ними в судовых условиях 285
Мамедов А.Ш.
Статистический анализ возникновения, развития и тушения пожаров
в резервуарных парках 290
Мамедов А.Ш.
Основные требования к сопутствующим поверхностно-активного вещества (ПАВ)
и подбору в качестве собирателя нефти 294
Мамедов А.Ш.
Пути экологической безопасности и ликвидации разливов нефти
на водных объектах с применением боновых заграждений 298

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Булышева Н.И., Варченко Е.А., Мовенко Д.А.
Сезонная динамика оседания основных групп макрообрастателей
на экспериментальные пластины в зоне смешения речных и морских вод 303
Воскобойников Г.М., Малавенда С.В., Рыжик И.В., Пуговкин Д.В.,
Салахов Д.О., Макаров М.В., Клиндух М.П., Митяев М.В.
Морские водоросли макрофиты в очистке прибрежных акваторий
от нефтепродуктов: от теории к практике 307
Глазырин Е.А.
Результаты государственного мониторинга опасных геологических процессов
прибрежно-шельфовой зоны Азовского, Черного и Каспийского морей 309
Глущенко Г.Ю.
Мониторинговые исследования «цветения» воды на Цимлянском водохранилище
и Нижнем Дону в сентябре 2018 и 2019 гг. 313
Гогоберидзе Г.Г., Шилин М.Б., Румянцева Е.А.
Принципы классификации рисков природопользования и их взаимодействия
с элементами береговой эко-социо-экономической системы АЗРФ. 318
Гудимов А.В.
Линейка биоиндикации климата 321
Денисов О.В., Крутенко В.И.
Биологическая безопасность населения и береговой инфраструктуры в современных условиях. 324
Егоркин А.А.
Методические подходы к моделированию последствий
аварийных ситуаций на потенциально опасных объектах 328
Капустян С.Г., Гайдук А.Р.
Информационное обеспечение групповых действий БЛА
при решении задач мониторинга больших территорий. 332

Мельник Э.В., Булышева Н.И., Орда-Жигулина Д.В., Орда-Жигулина М.В.
Применение когнитивного моделирования для мониторинга и прогнозирования опасных процессов на базе анализа состояния сообществ макрозообентоса под действием антропогенных и климатических факторов 336

Савикин А.И.
Увеличение ареала *Mya arrenaria* Linnaeus, 1758 в Таганрогском заливе Азовского моря 341

Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С.
Межгодовая изменчивость экстремальных величин биоклиматических показателей на курортах Крымского полуострова 343

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ ПРИ РАСТУЩЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

Сущий С.Я.
Геодемографическая динамика приморских территорий Дона и Кубани: природные и социально-экономические факторы развития 345

Чуклина Э.Ю.
Виды преступлений, совершаемых в условиях опасных природных явлений в Приазовье и Причерноморье (по материалам судебной практики) 349

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РОССИИ

Горюшина Е.М.
Политизация оказания помощи при стихийных бедствиях 353

Шмидько Г.А., Шмидько А.Г.
Военный аспект географических исследований Азовского моря в XVII–XVIII вв. 357

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

Дюкарев А.В.
Паводковая активность р. Кубань как определяющий фактор развития станицы Троицкой Кубанской области в XIX в. 361

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Бажутова М.А.
Обработки воды электрохимическим методом с целью инактивации бактерий 365

Будник А.П.
Использование плазмонных наноструктурных сенсоров для измерения физических и биохимических процессов 368

Будник А.П., Ластовина Т.А.
Использование углеродных материалов для электрохимической детекции растворенных в воде веществ 371

ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

Белая М.М.
Проблемы сохранения биологического разнообразия популяций ценных видов рыб 374
Власенко М.В., Пугачева А.М., Шульгин М.В.
Прогнозные ресурсы, добыча и загрязнение подземных вод на территории Волгоградской области 378
Клещенков А.В.
Межгодовая динамика мутности воды в дельте Дона в условиях сокращения твердого стока 382
Клещенков А.В., Филатова Т.Б., Алёшина Е.Г.
Изучение поступления биогенных веществ в воды Азовского моря
с атмосферными осадками (дождевая вода, снег) 387
Ковалёва А.В., Григорьев В.А., Гераскин П.П.
Последствия сокращения численности естественной популяции каспийской белуги 391
Месропян К.Э.
Стратегии муниципальных образований, интегрированное управление
водными ресурсами и экорегиональный подход: вопросы методологического синтеза 393
Пономарёва Е.Н., Сорокина М.Н., Григорьев В.А., Матишов К.Д.
Исследование динамики развития репродуктивной системы гибридов осетровых рыб,
содержащихся в зарегулированных условиях водной среды 396
Решетняк О.С., Медведева А.С., Решетняк А.Н.
Сравнительная оценка химического стока крупных рек Азово-Черноморского бассейна России 399
Фирсова А.В.
Снижение запасов белорыбицы в Волго-Каспийском бассейне
вследствие зарегулирования стока Волги и ее искусственное воспроизводство 403
Шахматова О.А.
Влияние детергентов на процесс перекисного окисления липидов
черноморского *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva *in vitro* 406
Ясакова О.Н.
Таксономический состав и количественные величины развития фитопланктона
в Новороссийской бухте в 2017 г. 409

CONTENTS

Dmitry Gennadievich Matishov 5

Matishov G.G., Stepan'yan O.V.
Input of Corresponding Member RAS Dmitry Gennadyevich Matishov
to the studies of the World Ocean 7

**ANALYSIS AND FORECAST
OF NATURAL HAZARDOUS PHENOMENA AND DISASTERS**

Agarkova-Lyakh I.V.
The largest technogenic landslide in the South-Western Crimea 17

Alimpieva M.A., Morozova S.V., Zavyalova E.V.
Comparative analysis of daily amount of precipitation in Saratov and Rostov-on-Don 21

Arkhipkin V.S., Pavlova A.V., Myslenkov S.A.
On modelling storm surges in the North Caspian applying a triangulation grid 24

***Babeshko V.A., Babeshko O.M., Gorshkova E.M., Evdokimova O.V.,
Telyatnikov I.S., Fedorenko A.G., Shestopalov V.L.***
Starting earthquakes and tsunamis in the subduction zone 28

Babeshko V.A., Shestopalov V.L., Pluzhnik A.V.
To the issue of the starting earthquakes in the area of the eastern coasts of the Crimea 33

Ionov V.V.
On the use of archive data of hydrometeorological observations for synoptic monitoring
of climatic fronts on the surface of the Southern Ocean 37

***Kartseva M.V., Fomenko V.A., Kulikova V.V., Borodako A.M.,
Klimov V.V., Shestopalov V.L., Sheremetiev V.M.***
Analysis of landslide processes along the land section of the Blue Stream gas pipeline route
according to gas-geophysical fields data 42

Krinko E.F.
"The carried out studies and designing are controlled by no one…":
proposals made by Professor V.P. Zenkovich for the protection of the sea shores 48

Mironyuk S.G., Kropotkin M.P.
Possible mechanism and causes of landslides of Utrish and the near shelf (the Abrau Peninsula) 52

Morozova S.V., Alimpieva M.A., Zavyalova E.V.
Sharp changes in average daily air temperature and the possibility of their prediction 58

Polozok A.A., Fomin V.V., Lemeshko E.E. Spatial characteristics of storm surges
in the Sea of Azov at different phases of cyclone movement 63

Romanchuk R.V.
Invasive Lepidoptera (Insecta: Lepidoptera) species in the South of Russia 68

Sazonov A.D., Komarov R.S.
Economic damage from drought and frost on the territory of Russia in 2015–2019 73

Sanin A.Yu.
Natural hazards inhibiting the development of tourism
in the coastal recreational territories of the Russian Federation 77

Sokolov A.N., Chubarenko B.V.
Vortex structures and alongshore transport near the northern coast
of the Sambian Peninsula: numerical modelling results 81

Sokolov A.N., Chubarenko B.V.
Assessment of spreading of fragments of geosynthetic materials from the shore
of the Kaliningrad Region by numerical modelling 86

Sokolov A.N., Chubarenko B.V.
Extreme waves in the Baltic Sea by numerical modelling results 91

Sorokina V.V., Moskovets A.Yu., Kleshchenkov A.V.
Extreme hydrological phenomena in the Don Delta associated with wind effect in 2015–2017 95

Chikin A.L., Chikina L.G.
A wind wave modelling in the Taganrog Bay and its influence on the sedimentation 101

Sheverdyaev I.V., Kleshchenkov A.V., Misirov S.A.
Field measurements of the flash flood formation conditions
of the North-Western Caucasus rivers in 2019–2020 105

Shestopalov V.L., Fomenko V.A., Glazyrin E.A., Kartseva M.V., Kulikova V.V., Borodako A.M.
Multidimensional analysis of time series of GNSS observations
in the Greater Sochi Region in 2017–2018 109

ANOMALOUS CHANGES OF MARINE ENVIRONMENT UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND SEISMIC INSTABILITY, RUNOFF OF LARGE RIVERS AND LAKES INTO THE OCEAN TAKING INTO ACCOUNT THE PALEOCLIMATE AND ECONOMIC ACTIVITIES IN THE BASINS OF SEAS OF RUSSIA

Grigorenko K.S., Oleynikov E.P.
Changes in the salinity of the Sea of Azov in 2018–2019
according to ship observations of the S/V “Deneb” 113

Il’ichev V.G.
About adaptation of algae to temperature and salinity. Model analysis 116

Kovalev K.V., Dokina O.B., Pronina N.D.
Possibilities and prospects of the fish cryobank collections usage
for biodiversity conservation and restoration activities 120

Krasilnikova A.A.
Conservation of rare and endangered fish species in the face
of the global climatic and industrial challenges 123

Magayeva A.A., Yaitskaya N.A., Berdnikov S.V.
About Project “The influence of hydrometeorological conditions
in the pre-winter period on the formation and dynamicsof the ice regime
of the Sea of Azov in a multiyear aspect” 126

Svistunova L.D.
Zooplankton of the Sea of Azov and the Taganrog Bay of the deep-water 2019
in the summer period 128

BIOLOGICAL INVASIONS AS A GLOBAL ECOLOGICAL PROBLEM

Kovaleva G.V.
Biological invasions of phytoplankton as a precondition for the emergence of water bloom in the Sea of Azov 132

Kuznetsova O.G., Mironyuk S.G.
Specific features of the pollutants' concentration in the waters of the Dzhubga – Lazarevskoye – Sochi area 137

Sayapin V.V.
Gelatinous macrozooplankton of the Kerch area of the Black Sea in the winter-spring period of 2019 143

Startsev A.V., Karaseva A.Yu., Butova V.A.
Ecology of the Amur stone moroko (*Pseudorasbora parva*) in the estuarine areas of the Don River 147

HAZARDOUS COASTAL PROCESSES

Bespalova L.A., Berdnikov S.V.
Integrated analysis of factors of intensification of coastal processes of the Sea of Azov in the long-term aspect and in the modern period 150

Glushko A.E., Bespalova L.A., Pet'ko A.V., Shekhurdin G.G.
Microplastics pollution of beaches and coastal waters of the Sea of Azov 154

Davydov A.V., Chernyakov D.A.
Influence of storm surges on the formation and evolution of breaches within the accumulative forms of tideless seas 158

Dbar R.S., Zhiba R.Yu.
Estimation of the dynamics of sea coast of Abkhazia using historical aerial photography and remote sensing methods 163

Zub O.N.
Impact of hazardous coastal processes on ecosystems of the Azov-Black Sea coast 165

Kosyan R.D., Divinsky B.V.
Contribution of various surface wave components to alongshore sandy sediment transport 168

Kulygin V.V.
Risk assessment of natural hazardous processes in the coastal zone of the Taganrog Bay 173

Magayeva A.A., Ogorodov S.A., Maznev S.A., Yaitskaya N.A., Verenyayev S., Sigitov A., Kadranov Ye.
Ice hummock formations of the Northern Caspian under the conditions of sea level fluctuations and ice coverage variations 177

Misirov S.A., Magaeva A.A., Tsygankova A.E.
Estimation of the dynamics of the Taganrog Bay coast (the case of the northern coast) using GIS and remote sensing 182

Pomazkov D.S., Karaseva A.Yu.
Clearing of silt sediment, sand, and soil in the pre-estuary and estuarine sections of the Myshkova River (Tsimlyansk Reservoir) 186

Skripka G.I., Glinka V.V., Bespalova L.A., Ivlieva O.V.
Refining the diagram of types of coasts of the Tsimlyansk Reservoir
on the basis of surveys from unmanned aerial vehicles 191

Skripka G.I., Serdyuk L.V., Ivlieva O.V., Bespalova L.A.
Study of the ravine-gully network of the coastal zone of the Tsimlyansk Reservoir
applying cartometric methods and remote sensing data 194

Khavansky A.D., Latun V.V., Merinova Yu.Yu., Khoroshev O.A.
Zoning of the coastal zone of the Sea of Azov according to the degree of danger
of the manifestation of coastal abrasion and landslide processes 197

Khoroshev O.A., Merinova Yu.Yu., Khavansky A.D., Latun V.V.
Assessment of projected economic damage to socio-economic facilities from the effects
of coastal abrasion processes in the coastal zone of the Sea of Azov 202

Shelushinin Yu.A., Makarov K.N.
Similarity of the wave mode for distorted scale of hydraulic models 207

**COASTAL ECOSYSTEMS UNDER CLIMATIC
AND ANTHROPOGENIC CHANGES**

Arakelov M.S., Dolgova-Shkhalakhova A.V., Akhsalba A.K.
Assessment of coastal systems in the Krasnodar Black Sea Region in terms of risks
of negative impact of recreation activities 212

Afanasyev V.V., Ignatov E.I.
Morphogenetic differentiation of the shores of the contact zones of the North Pacific 217

Afanasyev V.V., Ignatov E.I., Uba A.V.
Morphogenetic differentiation of the shores of the North Pacific 222

Varenik A.V., Konovalov S.K.
Long-term changes in the inorganic nitrogen content in the atmospheric precipitation
of the city of Sevastopol 226

Gol'din E.B.
Contemporary threats in protected forest ecosystems of the Crimean coast 231

Dalyokaya L.B.
Dominant types of macro-epibionts in the Cystoseira bushes
of the South-West Crimea coastal zone 236

Zub O.N.
Specific features of the formation of technogenic landscapes due
to anthropogenic lithogenesis processes 240

Kreneva K.V.
Long-term dynamics of ciliatoplankton of the Taganrog Bay
of the Sea of Azov in the winter period 244

Kuricheva A.S., Sergeeva O.S., Minenko N.S., Bobkova A.V.
Dynamics of changes in the pond mirror area of Bolshoi Liman in Volgograd Region 247

Orekhova N.A., Konovalov S.K.
Formation of zones of ecological risk in the near-bottom layer of waters of coastal ecosystems 251

Prokopenko E.V.
Ground-dwelling spiders (Aranei) of the biotopes with the varying degrees
of anthropogenic transformation in the NPP "Meotida" 256

Savitsky R.M., Savitskaya S.S.
Wind farms and birds of the Sea of Azov: problems and development prospects 260
Sushko K.S., Il'ina L.P.
Assessment of the degree of island and coastal landscapes' degradation
in the Don Delta in the current period 263
Terskov E.N., Shokhin I.V.
Contribution to the knowledge of supralittoral fauna of invertebrate animals
of the Taman Peninsula under conditions of anthropogenic changes 269
Tolochko I.V.
Some results of studying the paleoecological situation in the Don Delta
and on the coast of the Sea of Azov 273
Ulanova S.S.
Kalmykia water-storage reservoirs and water-to-land ecotone systems
on their coasts under anthropogenic impact 276
Shcherbina V.G.
Factor assessment of the recreational transformation of forest
ecosystems in the Greater Sochi Region 281

**NATURAL AND TECHNOGENIC FIRES
AND FIRE PROTECTION**

Mamedov A.Sh.
Specific features of fires and fire control in ship conditions 285
Mamedov A.Sh.
Statistical analysis of fire occurrence, development, and extinguishing in tank parks 290
Mamedov A.Sh.
Basic requirements for associated surfactant and selection as oil collector-absorbent 294
Mamedov A.Sh.
Ways of ecological safety and elimination of oil spills in water bodies with the use of bon barriers 298

**MONITORING OF HAZARDOUS PROCESSES
AND ENSURING THE SAFETY OF PEOPLE AND COASTAL INFRASTRUCTURE**

Bulysheva N.I., Varchenko E.A., Movenko D.A.
Aeasonal dynamics of settling of dominating species of macrofouling organisms
on experimental plates in the zone of mixing of river and sea waters 303
***Voskoboinikov G.M., Malavenda S.V., Ryzhik I.V., Pugovkin D.V.,
Salakhov D.O., Makarov M.V., Klindukh M.P., Mityaev M.V.***
Marine algae macrophytes in the process of cleaning the coastal waters from oil products:
from theory to practice 307
Glazyrin E.A.
Results of state monitoring of dangerous geological processes of the coastal-shelf zone
of the Sea of Azov, Black Sea, and the Caspian Sea 309
Glushchenko G.Yu.
Monitoring of algal blooms in the Tsimlyansk Reservoir and the Lower Don
in September 2018 and 2019 313

Gogoberidze G.G., Shilin M.B., Rumyantseva E.A.
Principles of classification of nature management risks and their interaction with elements of the coastal eco-socio-economic system of the Russian Arctic 318
Gudimov A.V.
Climate bioindication rule 321
Denisov O.V., Krutenko V.I.
Biological safety of population and coastal infrastructure in modern conditions 324
Egorkin A.A.
Methodological approaches to modelling the consequences of accidents at potentially dangerous objects 328
Kapustyan S.G., Gaiduk A.R.
Information support of UAV group actions in solving tasks of monitoring of large territories 332
Melnik E.V., Bulysheva N.I., Orda-Zhigulina D.V., Orda-Zhigulina M.V.
Application of cognitive simulation for monitoring and forecasting dangerous processes on the basis of analysis of the status of communities of macrozoobenthos under the impact of anthropogenic and climatic factors 336
Savikin A.I.
Extension of *Mya arrenaria* Linnaeus, 1758 geographic range in the Taganrog Bay of the Sea of Azov 341
Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S.
Inter-annual variability of extreme values of bio-climate indicators in the resort areas of the Crimean Peninsula 343

SOCIO-ECONOMIC AND MEDICO-ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF MARINE HAZARDOUS PHENOMENA AND NATURAL DISASTERS IN THE COASTAL ZONES WITH THE INCREASING ECONOMIC EXPLOITATION OF MARINE RESOURCES

Sushchiy S.Ya.
Geodemographic dynamics of coastal territories of the Don and Kuban: natural and socio-economic development factors 345
Chuklina E.Yu.
Types of crimes committed in the conditions of natural hazards in the Sea of Azov and the Black Sea Regions (based on judicial practice) 349

IMPACT OF MARINE HAZARDOUS PHENOMENA AND NATURAL DISASTERS ON THE POLITICAL PROCESSES IN RUSSIA

Goryushina E.M.
Politicization of assistance provision during natural disasters 353
Shmid'ko G.A., Shmid'ko A.G.
Military aspect of geographical research on the Sea of Azov in the 17th – 18th cc. 357

HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA IN HISTORY AND CULTURE

Dyukarev A.V.
Flood activity of the Kuban River as a determining factor in the development of the stanitsa (Cossack village) of Troitskaya in the Kuban Region in the 19th century 361

NEW MATERIALS: SYNTHESIS, PROPERTIES, TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS, USAGE PROSPECTS FOR ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA AND DISASTERS

Bazhutova M.A.
Water treatment by electrochemical method for the purpose of inactivation of bacteria 365

Budnik A.P.
Using plasmon nanostructure sensors to measure physical and biochemical processes 368

Budnik A.P., Lastovina T.A.
Use of carbon materials for the electrochemical detection of substances dissolved in water 371

WATER AND WATER MANAGEMENT PROBLEMS OF COASTAL REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Belaya M.M.
Problems of conservation of biological diversity of valuable fish species populations 374

Vlasenko M.V., Pugachev A.M., Shulgin M.V.
Forecasting resources, production and contamination of underground waters on the territory of Volgograd Region 378

Kleshchenkov A.V.
Inter-annual dynamics of turbidity of water in the Don Delta under conditions of reduction of solid runoff 382

Kleshchenkov A.V., Filatova T.B., Alyoshina E.G.
Study of entry of biogenic substances into the waters of the Sea of Azov with atmospheric sediments (rainwater, snow) 387

Kovaleva A.V., Grigoryev V.A., Geraskin P.P.
Consequences of reduction in the abundance of wild population of the Caspian great sturgeon (beluga) 391

Mesropyan K.E.
Municipal strategies, integrated water resources management, and an ecoregional approach: issues of methodological synthesis 393

Ponomareva E.N., Sorokina M.N., Grigoryev V.A., Matishov K.D.
Research on dynamics of development of the reproductive system of sturgeon hybrids kept in regulated conditions of the aquatic environment 396

Reshetnyak O.S., Medvedeva A.S., Reshetnyak A.N.
Comparative assessment of large rivers' runoff of chemical substances within the Azov-Black Sea Basin of Russia 399

Firsova A.V.
Reduction of inconnu stocks in the Volga-Caspian Basin due to overregulation of the Volga River flow and its artificial reproduction 403

Shakhmatova O.A.
Detergents' impact on the process of lipid peroxidation of the Black Sea *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva *in vitro* 406

Yasakova O.N.
Taxonomic composition and quantitative values of phytoplankton development in the Novorossiysk Bay in 2017 409

Научное издание

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ, АТМОСФЕРНЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ НА ПРИБРЕЖНУЮ ЗОНУ РФ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ
(«Опасные явления – II»)

Материалы II Международной научной конференции
памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова
(г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.)

Техническая редакция: А.С. Бабаева,
С.А. Шестак,
А.А. Яковлева
Перевод Р.Г. Михалюк
Верстка Н.В. Лункина
Дизайн обложки А.В. Коржов

Подписано в печать 30.06.2020. Формат 62 × 94 1/8
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 57,74.
Тираж 350 экз.

Издательство Южного научного центра
Российской академии наук
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41
Тел. 8 (863) 250-98-21

Отпечатано DSMGroup
ИП Лункина Н.В. Св-во № 002418081
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Седова, 9. Тел. 8 918 558 63 49
E-mail: dsmgroup@mail.ru