ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

РФФИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

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

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

13/06 ЧТ – 23/06 ВС 2019
РОСТОВ-НА-ДОНУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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»)

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.)

РОСТОВ-НА-ДОНУ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНЦ РАН
2019

УДК 551.5:504.4(063)(470)
3-19

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.филол.н. Т.Е. Гревцова,
к.ф.-м.н. А.В. Назаренко, к.социол.н. Д.Д. Челпанова, Р.Г. Михалюк

3-19 **Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»):** материалы Международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. – 404 с. – ISBN 978-5-4358-0182-8.

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. Рассмотрены следующие вопросы: анализ и прогнозирование опасных природных явлений и катастроф; изучение процессов в атмосфере, приводящих к сбою радиосвязи; исследование аномальных изменений морской среды под влиянием климатической и сейсмической нестабильности; биологические инвазии как экологическая проблема; опасные береговые процессы; воздействие 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 и атмосферных природных явлений и их воздействием на прибрежную зону.

УДК 551.5:504.4(063)(470)

Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-05-20176, и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-02-2019-1444.

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

ISBN 978-5-4358-0182-8

© ЮНЦ РАН, 2019

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

RUSSIAN FOUNDATION FOR BASIC RESEARCH

FEDERAL RESEARCH CENTRE
CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
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")

PROCEEDINGS

OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
(Rostov-on-Don, 13–23 June 2019)

ROSTOV-ON-DON
SSC RAS PUBLISHERS
2019

UDC 551.5:504.4(063)(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 T.E. Grevtsova,
PhD A.V. Nazarenko, PhD D.D. Chelpanova, R.G. Mikhalyuk

R35 **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"):** Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 13–23 June 2019). – Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. – 404 p. (In Russian). – ISBN 978-5-4358-0182-8.

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, the study of processes in the atmosphere leading to radio communication failure, 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 was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 19-05-20176, and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-02-2019-1444.

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 978-5-4358-0182-8

© SSC RAS (2019)

ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ И ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ

Г.Г. Матишов
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск

Россия – морская держава. Это обстоятельство определяет жизненно важный ресурс развития страны в XXI в. и приоритетность всестороннего изучения морских экосистем в условиях глобальных климатических и индустриальных воздействий. Российские метеорологи в 2018 г. зафиксировали свыше тысячи опасных природных явлений. Это на 15 % больше, чем годом ранее[1]. Волны холода на юге России, усиление шквалов и смерчей в Азово-Черноморье, экстремальные паводки в бассейнах дальневосточных и европейских морей, аномальная ледовитость сибирских морей в конце лета и другие подобного рода факторы вносят неопределенность в хозяйственные и экосистемные сценарии. Проведение научно-исследовательских работ, направленных на своевременное выявление деструктивных природных процессов, и популяризация полученных результатов на фоне происходящих климатических изменений являются крайне необходимыми.

Опасные природные явления происходят в разное время и в разных масштабах, и каждое из них является уникальным. Снижение ущерба от опасных природных явлений и катастроф – одна из приоритетных задач, требующих решения на глобальном, национальном и местном уровнях. Согласно информации, опубликованной на сайте Всемирной метеорологической организации (https://public.wmo.int/ru), глобальный ожидаемый среднегодовой ущерб (AAL) в антропогенной среде, связанный с циклонами (ветер и штормовой нагон), землетрясениями, цунами и наводнениями, в настоящее время оценивается в 314 млрд долл. США [Глобальный аналитический доклад … 2015]. Людские и материальные потери, вызванные бедствиями, являются основным препятствием на пути устойчивого развития. Это актуально как для Арктической зоны, где от климата зависит вся жизнедеятельность и экономическая активность, так и для южных регионов России, где экосистемы уже длительное время находятся в нарушенном состоянии.

Жизни людей и имущество можно защитить посредством выпуска точных прогнозов и предупреждений в простой для понимания форме и просвещения населения по мерам подготовки к подобным опасным явлениям до того, как они станут бедствиями[2]. Народному хозяйству и ВМФ необходимо опираться на достоверные и надежные прогнозы и иметь возможность составлять экономические и военно-стратегические планы на перспективу. Однако с начала XXI в. ни одно стихийное бедствие в Азово-Черноморском регионе не было предсказано.

К общественно значимым чрезвычайным ситуациям последних нескольких десятилетий на юге России следует отнести:

1) аварийный разлив нефтепродуктов в Керченском проливе 11 ноября 2007 г. Потерпели крушение 13 судов, часть из них села на мель, три судна с грузом серы затонули, танкер «Волгонефть-139» разломился на две части; в акваторию залива вылился мазут по крайней мере из 2 танков – 1000–1200 т [Матишов и др., 2008а, б];
2) затопление десятиметровой волной г. Крымск на р. Адагум в июле 2012 г. [Матишов, Клещенков, 2012];
3) катастрофические наводнения в Таганрогском заливе и дельте Дона 23–24 марта 2013 г. и 24 сентября 2014 г., когда ураганная адвекция черноморских вод в мелководный азовский водоем привела к поступлению морской воды соленостью до 4–6 ‰ в водопровод г. Азова. В обоих случаях катаклизмы обусловлены экстремальной активностью черноморских циклонов. Они сопровождались ураганными юго-западными и южными ветрами, достигавшими скорости 38 м/с;
4) резкие снижения уровня воды в устьевой области и дельте реки Дон при экстремальных восточных ветрах, вызывающие опасные для судоходства снижения уровня воды. Два года подряд, в октябре 2015 и 2016 гг., из-за обмеления Азово-Донского морского канала караваны по 50–70 судов ждали 2–3 недели возможности выйти в Азовское море;
5) проблемы питьевого водоснабжения в Южном макрорегионе, вызванные «цветением» воды и экстремальной адвекцией соленых вод в дельту Дона. В экстремальных случаях это приводит к нарушению нормального обеспечения населения и промышленности питьевой водой. С 2015 г. в условиях недостаточной водности

[1] См. доклад М.Е. Яковенко, руководителя Росгидромета, на заседании коллегии Росгидромета. URL: https://iz.ru/848379/2019-02-21/v-rossii-uchastilis-opasnye-prirodnye-iavleniia-iz-za-izmeneniia-klimata.

[2] URL: https://public.wmo.int/ru.

р. Дон появился дополнительный фактор ухудшения качества воды – неприятный запах, напоминающий запах дуста;

б) экстремальные ледовые явления в Азовском море. Мелководность и, следовательно, небольшой теплозапас Азовского моря определяют достаточно резкие колебания ледовых условий на море в течение зимы. Зима 2005/2006 гг. была одной из самых экстремальных за последние 50 лет. Толщина льда достигала 0,5 м, наблюдалось явление торошения, при этом высота торосов составляла 1,5–2,5 м. К сравнительно суровым по температурам относились зимы 2007/2008 и 2011/2012 гг. [Матишов и др., 2017].

Участились и другие экстремальные природные ситуации в Азово-Черноморском регионе.

Помимо техногенных катастроф всё более серьезным фактором становится проблема загрязнения акваторий южных морей России поллютантами, поступающими с речным стоком, загрязнение бытовыми отходами прибрежной зоны и пляжей. Всё более серьезным фактором становится разведка и разработка месторождений нефти и газа.

Опасное воздействие на морские и пресноводные экосистемы оказывают биологические инвазии, в том числе и в форме интродукции. Любые виды намеренного вселения в долгосрочной перспективе всегда наносят вред аборигенной фауне.

Описанные проблемы требуют детального изучения и комплексного подхода для оценки реальных природных рисков и социально-экономических последствий от чрезвычайных природных явлений и катастроф. Следует учитывать, что южные моря России являются трансграничными, и проблемы экологической безопасности в обязательном порядке подлежат международному регулированию.

Это обусловливает необходимость получения новых фундаментальных знаний для предупреждения разрушительных последствий опасных природных явлений и катастроф. Такие работы послужат безопасности стратегически значимых гражданских портов и военно-морских баз, навигационных и инженерных сооружений, подводных трубопроводов, Крымского и других мостов, спортивных и рекреационных комплексов, ферм аквакультуры.

С целью проведения непрерывных наблюдений за региональными проявлениями глобальных климатических изменений начиная с 2002 г. в ЮНЦ РАН успешно развивается сеть научно-экспедиционных баз, стационаров и гидрометеопостов. Их расположение в различных климатических и географических условиях (дельта Дона, морское побережье, сухие степи) позволяет проводить широкий спектр океанологических, гидрологических, гидрохимических, палеогеографических, геоморфологических, ботанических, зоологических, гидробиологических исследований с использованием современного научного оборудования и применением актуальных методов и методик проведения работ.

В Приазовье в июле 2018 г. данные автоматической станции ЮНЦ РАН помогли зафиксировать развитие шквального ветра. Возникшему 11 июля 2018 г. шквалу в течение десяти дней предшествовала сухая знойная погода с температурой воздуха 35–40 °С. Розу ветров определяли воздушные потоки северных и северо-восточных румбов. Основные события произошли менее чем за 1,5 часа. Ситуационный характер погоды предопределил развитие вдоль края дельты Дона и на Таганрогском взморье термической турбулентности. В приповерхностном слое воздуха наблюдались порывы ветра до 18–21 м/с и вихри, которые ломали деревья [Матишов и др., 2019].

Ежедневные наблюдения на стационарах дополняют информацию из морских экспедиций на научно-исследовательских судах ЮНЦ РАН «Денеб» и «Профессор Панов», ледоколах и других судах. Особое значение придается экспедиционным исследованиям в районы стихийных бедствий и природных катастроф. По результатам этих работ оперативно издаются отчеты и проводятся заседания Президиума ЮНЦ РАН с приглашением заинтересованных специалистов профильных организаций, представителей исполнительной и законодательной власти, прессы и телевидения, общественности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальный аналитический доклад о мерах по уменьшению опасности бедствий, UNISDR: 2015. URL: http://www.preventionweb.net/gar/

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, 2008а. 80 с.

3. Матишов Г.Г., Савицкий Р.М., Инжебейкин Ю.И. Условия и последствия аварии судов в Керченском проливе во время шторма 11 ноября 2007 г. // Вестник Южного научного центра. 2008б. Т. 4. № 3. С. 54–63.

4. Матишов Г.Г., Клещенков А.В. Кубанский паводковый кризис. Климат, геоморфология, прогноз. Крымск, июль 2012 г. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 116 с.

5. 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.

6. Матишов Г.Г., Валов Г.В., Кириллова Е.Э. Опыт регистрации шквального ветра на взморье Дона // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 54–59.

СЕКЦИЯ 1

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕРМОАБРАЗИОННЫХ БЕРЕГОВ КАРСКОГО МОРЯ

Д.М. Алексютина, С.А. Огородов
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
aleksyutina@gmail.com, ogorodov@aha.ru

Введение. Береговая зона арктических морей очень динамична из-за наличия многолетнемерзлых дисперсных пород, состояние и устойчивость которых зависят от температурного режима. За переработкой берегов, сложенных такими породами, велись систематические наблюдения в различных частях Карского моря, что связано с активным развитием нефтегазоносной промышленности. Основными береговыми деструктивными процессами на арктических берегах являются термоабразия и термоденудация [Жигарев, 1997; Арэ, 2012; Gunter et al., 2013]. В начале лета преобладает термоденудация, вызванная термическим воздействием положительных температур при блокированном льдами море, а в осенний период – термоабразия при совместном механическом и тепловом воздействии морской воды. Взаимодействие сразу нескольких сред: мерзлый грунт – воздух – морская вода – а также сменяющиеся в течение одного сезона ведущие факторы сильно усложняют задачу при моделировании процесса отступания берега. Целью данных исследований было оценить темпы развития термоденудации при различных климатических сценариях, выявить реакцию пород различного состава и свойств на изменение условий теплообмена на поверхности.

Район исследований – юго-западная часть Карского моря – относится к западному сектору Российской Арктики и характеризуется суровым климатом с холодной продолжительной зимой и небольшим количеством осадков. Многолетнемерзлые породы (ММП) имеют сплошное распространение, их мощность изменяется от 50 до 300 м. Несквозные талики с поверхности наблюдаются под руслами водотоков и под водоемами; на участках с засоленными отложениями встречаются охлажденные породы и криопэги. Побережье Байдарацкой губы наиболее изучено в районе урочища Шпиндлер, на Уральском и Ямальском берегу в местах перехода трубопровода «Бованенково – Ухта» через дно губы, близ метеостанции Марре-Сале, а также в районе мыса Харасавей (рис. 1).

Темпы отступания берега на указанных участках изменяются от 0,3 до 4,5 м/год [Совершаев, 1996; Васильев и др., 2001; Кизяков и др., 2006; Novikova et al., 2018]. В отдельные годы на локальных участках, например при обнажении пластового льда в береговом обрыве или на низких поверхностях после сильных штормов, скорость разрушения может достигать 7–14 м/год [Кизяков, 2005; Крицук и др., 2014].

Рис. 1. Ключевые участки

Расчеты производились в программе QFrost, в которой используется двухслойная явная разностная схема. Для расчетов используется метод балансов и энтальпийная формулировка задачи Стефана [Основы геокриологии … 1999]. Для учета количества незамерзшей воды в мерзлых грунтах, влияющего на фазовые переходы, в программе Qfrost введено понятие относительного объема талой фазы.

Упрощенная схема отступания бровки обрыва представлена на рисунке 2. С началом теплого периода оттаивание пород начинается в верхней части склона, поскольку нижняя остается под снежником. Льдистые отложения оттаивают быстрее, чем почвенно-растительный слой, ввиду большей теплопроводности, что ведет к формированию

ниши и нависанию над ней слоя дернины (рис. 2, *2*). Впоследствии при достижении предельно-напряженного состояния слой дерна отрывается, сползая вниз по склону. В результате обнажаются мерзлые льдистые породы (рис. 2, *3, 3а*). Подобный процесс происходит несколько раз в течение теплого сезона, и формируется «гофрированный» склон (рис. 2, *4*). В правой части рисунка 2 представлен снимок микротеррасированного склона, сформированного при таком механизме.

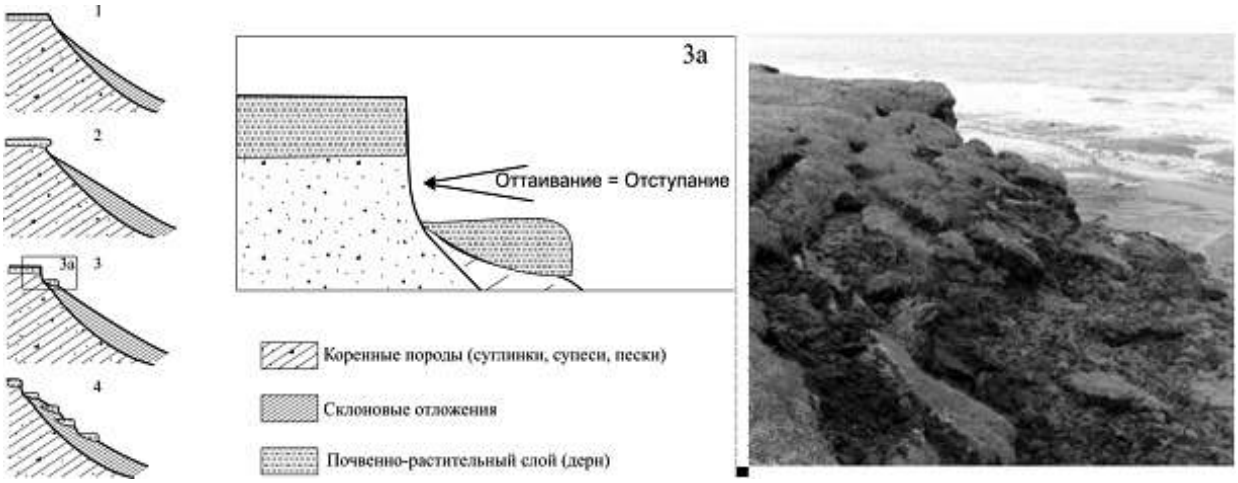


Рис. 2. Схема отступания бровки обрыва

Допущения, принятые при расчетах. 1. Процесс термоденудации затухает со временем без дальнейшего переноса материала со склона. Низкие береговые уступы в этом ключе не имеет смысла рассматривать. Различная периодичность ветра, способного создавать волны для перемещения материала с подножья берегового обрыва, учитывалась в расчетах со следующей повторяемостью: один раз в конце теплого периода; каждый месяц (3 раза); каждые две недели (6 раз); через день (42 раза). 2. Снежники, накапливающиеся у подножья высоких береговых обрывов, защищают склон от оттаивания в течение первой половины лета. Таким образом, воздействие моря (удаление оттаявшего материала) при расчетах следует начинать с 15 июля.

Для получения математической модели, характеризующей соответствующие природные условия, в программе первоначально решалась обратная задача (*калибровка модели*). Во время калибровки математической модели задавалось осредненное за 30 лет значение среднемесячной температуры воздуха по данным метеостанции Марре-Сале и значения коэффициентов теплообмена в теплый и холодный период года (табл. 1).

Таблица 1. Значения температуры воздуха по данным метеостанции Марре-Сале [Мировая погода] и коэффициент теплообмена на поверхности пород

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T_{air} за 1973–2016 гг., °C	–21,4	–21,8	–17,4	–12,4	–4,8	2,5	7,9	7,6	3,9	–3,3	–12,7	–17,4
Коэф. теплообмена α, Вт/(м^2·°C)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	3,3	3,3	3,3	3,3	0,9	0,9	0,9

Входные параметры пород задавались по результатам статистической обработки фондовых и опубликованных материалов [Теплофизические свойства … 1984; Алексютина, Мотенко, 2017 и др.]. Было рассмотрено три разновидности грунта: слабольдистый песок (W_{tot} = 18 %), льдистая супесь (W_{tot} = 30 %) и сильнольдистый суглинок (W_{tot} = 200 %).

Анализ гидрометеорологических данных позволил условно выделить два разных периода [Shabanova et al., 2018]: холодный (1973–1995 гг.) и теплый (1995–2017 гг.). Также период с 1995 г. по настоящее время характеризуется увеличением ветро-волновой энергии. Расчеты темпов отступания берега были сделаны для этих периодов (табл. 2).

Таблица 2. Значения температуры воздуха по данным метеостанции Марре-Сале для холодного и теплого периода [Мировая погода]

T_{air}, °C / Период	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1973–1995	–22,3	–22,7	–17,6	–13,6	–5,3	2,0	7,7	7,1	3,6	–5,1	–13,2	–17,6
1995–2017	–20,5	–20,8	–17,1	–11,1	–4,3	3,1	8,1	8,0	4,3	–1,5	–12,2	–17,2

Результаты моделирования представлены на рисунке 3. При однократном выносе материала в песке и супеси величина оттаивания увеличивается на 55–65 % в течение теплого периода по сравнению с холодным, в сильнольдистом суглинке не наблюдается сколь значимый рост глубины протаивания. При более частом удалении оттаивающего слабольдистого и льдистого песчаного грунта влияние температуры воздуха сокращается: при ежемесячном выносе – до 35 %, когда материал выносится каждые две недели – 25–32 %, каждые два дня – 10–12 %. Обратное наблюдается в сильнольдистом суглинке, темпы оттаивания которого в теплый период больше на 22–27 %, нежели в холодный, при сокращении периода выноса материала.

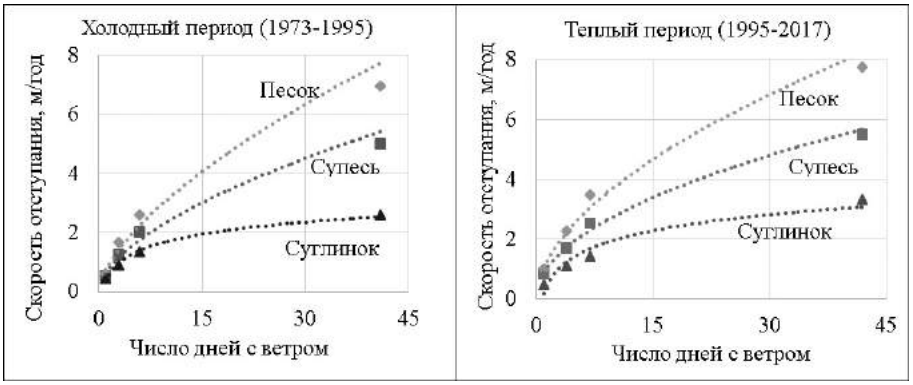


Рис. 3. Скорости оттаивания грунтов различного состава при различном режиме удаления оттаивающего слоя

Диапазон величины отступания берега за счет термоденудации в песчаных отложениях варьирует от 0,6 до 7 м для холодного периода и от 1 до 7,8 м для теплого; в супесях 0,6–5 м и 0,9–5,5 м соответственно. Берега, сложенные сильнольдистыми суглинками, способны оттаивать со скоростью 0,4–2,6 м/год и до 3,3 м/год в теплые годы, при условии частого удаления оттаивающего грунта. Полученные в результате расчетов темпы близки по значениям к средним величинам отступания берега, наблюдаемым в Карском море, в частности на побережье Байдарацкой губы, за последние годы.

Заключение. Благодаря тепловому и механическому воздействию на берега, сложенные ММП, отмечается тенденция к увеличению скорости отступания. В связи с этим механизм и интенсивность разрушения определяются гидродинамическим режимом, а также геокриологическими особенностями, такими как состав отложений, льдистость, наличие льда, теплофизические свойства и фазовый состав влаги.

В работе было показано, что динамика берегов сильно зависит от льдистости оттаивающих пород и от режима удаления материала со склона. Натурные данные по побережью Карского моря и результаты моделирования хорошо коррелируют. Эти результаты демонстрируют решающее влияние режима выноса материала, содержания льда в грунтах и реакцию на климатические изменения темпов отступания, вызванных термоденудацией.

Работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой АААА-А16-116032810055-0 «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики» и при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект № МК-407.2019.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексютина Д.М., Мотенко Р.Г. Состав, строение и свойства мерзлых и талых отложений побережья Байдарацкой губы Карского моря // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 1. С. 13–25.

2. Арэ Ф.Э. Разрушение берегов арктических приморских низменностей. Новосибирск: Академическое изд-во ГЕО, 2012. 291 с.

3. Васильев А.А., Покровский С.И., Шур Ю.Л. Динамика термоабразионных берегов Западного Ямала // Криосфера Земли. 2001. Т. 5. № 1. С. 44–52.

4. Жигарев Л.А. Океаническая криолитозона. М.: МГУ, 1997. 318 с.

5. Кизяков А.И. Динамика термоабразионных процессов на побережье Югорского полуострова // Криосфера Земли. 2005. Т. 9. № 1.

6. Кизяков А.И., Лейбман М.О., Передня Д.Д. Деструктивные рельефообразующие процессы побережий арктических равнин с пластовыми подземными льдами // Криосфера Земли. 2006. Т. 10. № 2. С. 79–89.

7. Крицук Л.Н., Дубровин В.А., Ястреба Н.В. Результаты комплексного изучения динамики береговой зоны Карского моря в районе метеостанции Марре-Сале с использованием ГИС-технологий // Криосфера Земли. 2014. Т. 18. № 4. С. 59–69.

8. Основы геокриологии. Ч. 5. Инженерная геокриология / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1999. 526 с.
9. Мировая погода. URL: http://en.tutiempo.net/climate/ws-230320.html (дата обращения: 07.03.2019).
10. Совершаев В.А. Задачи изучения морских берегов в криолитозоне в целях рационального хозяйственного освоения // Материалы Первой конференции геокриологов России. Кн. 3. Динамическая геокриология. М., 1996. С. 494–503.
11. Теплофизические свойства горных пород / под ред. Э.Д. Ершова. М.: МГУ, 1984. 204 с.
12. Günther F., Overduin P.P., Sandakov A.V., Grosse G., and Grigoriev M.N. Shortand long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region // Biogeosciences. 2013. 10. P. 4297–4318. DOI: 10.5194/bg-10–4297-2013.
13. Novikova A., Belova N., Baranskaya A., Aleksyutina D., Maslakov A., Zelenin E., Shabanova N., Ogorodov S. Dynamics of Permafrost Coasts of Baydaratskaya Bay (Kara Sea) Based on Multi-Temporal Remote Sensing Data // Remote Sensing. 2018. Vol. 10. № 1481.
14. Shabanova N.N., Ogorodov S.A., Romanenko F.A. Russian arctic coastal dynamics hydrometeorological forcing: half-century his-tory and current state // Proc. Coastal Dynamics 2017. Helsingør, Denmark. 2017. P. 108–116.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ СКАЛИСТЫХ БЕРЕГОВ ХОЛОДНЫХ МОРЕЙ (применение и результаты)

В.В. Афанасьев
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
vvasand@mail.ru

Разрушение скалистых берегов является функцией от характеристик коренных пород, волнового климата, приливного режима и особенностей выветривания. Считается, что волновое воздействие является решающим в развитии таких берегов в областях с высокой волновой энергией, тогда как роль выветривания более значима в теплых умеренных и тропических районах. Развитие геопространственных технологий сделало доступным построение высокоточных фотограмметрических цифровых разновременных моделей рельефа. Это позволило нам определить скорости и характер разрушения коренных горных пород слабой и средней устойчивости на берегах холодных морей.

Абразионно-денудационные процессы являются основным современным морфолитодинамическим процессом на скалистых берегах, составляющих примерно 75 % береговой линии [Emery, Kuhn, 1982]. Точный и непрерывный мониторинг разрушения коренных берегов практически невозможен, поэтому при определении скорости абразии используются средние значения за периоды натурных наблюдений картографических и дистанционных съемок [Sunamura, 1992]. Однако долгосрочные средние скорости абразии коренных берегов при определении степени опасности и зонировании побережья следует использовать весьма осторожно. Широко известен случай, когда во время январских штормов 1983 г. в Калифорнии было смыто около 14 м утеса, сложенного миоценовыми алевролитами, который в период с 1931 по 1982 г. отступал со средней скоростью 0,2 м/год [Griggs, Savoy, 1985].

Подобное явление наблюдалось нами совсем недавно в районе завода СПГ «Пригородное», расположенного на цокольной террасе, сложенной слабосцементированными аргиллитами и алевролитами быковской свиты (K_2bk) третьего класса устойчивости [Полунин, Бузлаев, 1984]. За один шторм осени 2017 г. было разрушено 4–7 м берегового уступа, тогда как за более чем десятилетний период берег разрушался со скоростью 0,1–0,15 м/год (рис. 1). Срочные наблюдения за разрушением берегов, сложенных скальными горными породами, проводились также на побережье залива Терпения и Татарского пролива. В заливе Терпения документировалось отступание бровки низкой цокольной террасы, сложенной неогеновыми алевролитами курасийской свиты N_1(Cr). Средняя скорость отступания берегового уступа за девятилетний период наблюдения составила 0,26 м/год на погонный метр береговой линии. Следует отметить, что так же как и в случае берегового уступа СПГ «Пригородное» основной размыв произошел одномоментно в октябре 2006 г. Вклад данного штормового события в общий объем абразии за период наблюдения составил 77 %.

На Сахалинском берегу Татарского пролива в районе п. Ильинский срочные измерения отступания бровки клифа проводились на трех измерительных площадках. Несмотря на то, что береговой уступ здесь сложен литифицированными песчаниково-кремнистыми породами четвертого класса устойчивости, среднемноголетние скорости отступания бровки клифа примерно соответствуют скоростям разрушения клифа, выработанного в породах II и III литотипа. Среднемноголетние скорости отступания бровки клифа составляют 0,25 м/год для площадки № 1, 0,32 м/год – для площадки № 2. Исключением является площадка № 3, где среднемноголетняя скорость отступания клифа составила 0,05 м/год на 1 погонный метр берегового уступа. В рамках данной работы мы не рассматриваем особенности гидродинамики и морфолитодинамики береговой зоны на участках наблюдений, не затрагиваем вопросы структурно-геологических и стратиграфических особенностей пород клифа, а также механизмы выветривания горных пород. Отметим лишь, что участок с наименьшими скоростями разрушения берегового уступа в Татарском проливе находится в волновой тени малого портового сооружения для наиболее энергетически обеспеченного волнения.

Дифференцировать волновые воздействия и факторы субаэрального выветривания в определенной степени позволяет изучение разрушения береговых платформ – бенчей, сформированных на скалистых берегах со слабой устойчивостью горных пород. Исключительную возможность в этом отношении дали исследования разрушения бенча, косейсмически поднятого на 0,8–1,0 м в результате Невельского землетрясения 2 августа 2007 г., Mw = 6,2 в г. Невельск. Породы неогенового возраста, слагающие бенч, представлены зеленовато-серыми мелкозернистыми, глинистыми, слабо сцементированными песчаниками, алевролитами с известковыми конкрециями.

На протяжении 6 лет в районе г. Невельск Сахалинской области нами проводятся инструментальные наблюдения по сети забетонированных в поверхность бенча 100 реперов. С июня 2016 г. измерения производятся посредством вычитания получаемых 2–3 раза в год карт поля высот участков размером 2,25 м^2 с репером в центре. Карты поля высот построены цифровым фотограмметрическим методом в ПО Agisoft Photoscan. Для привязки модели используется алюминиевая рамка размером 1,5×1,5 м, установленная горизонтально при помощи оптического нивелира. На четырех углах рамки расположены маркеры с предварительно измеренными координатами, закодированными в виде кругового бинарного кода. Для правильного расположения осей в пространстве рамка ориентируется при помощи буссоли.

Средние скорости разрушения поверхности бенча изменяются от 0,25 см/год на участках, перекрытых обломочным материалом, смытым с морской части бенча при суперпозиции максимальных уровней моря и волнения, до 4,37 см/год на участках, практически ежесуточно заливаемых водой. При этом скорость разрушения алевролитов примерно в 2,5 раза выше скорости разрушения известковых конкреций даже в пределах одной наблюдательной площадки.

Таким образом, новые высокоточные данные о скоростях разрушения поверхности косейсмически поднятого бенча позволили установить, что разрушение субвертикальных береговых уступов в породах слабой и средней устойчивости происходит со скоростями примерно на порядок большими, чем скорости разрушения субгоризонтальных поверхностей бенча. Роль волнового воздействия в развитии бенчей сводится главным образом к мобилизации и выносу обломков, полученных в результате морозного выветривания при отрицательных температурах воздуха в период открытого моря. Количество циклов промерзания и оттаивания в этот период достигает нескольких десятков.

Измеренные скорости отступания берегового уступа без прямого волнового воздействия (п. Ильинский, участок № 3) примерно соответствуют скоростям разрушения аналогичных по классу устойчивости горных пород на бенче. И если с бенча продукты выветривания удаляются морем, то в случае клифа это происходит за счет склоновых, главным образом гравитационных процессов. И в том и в другом случае ударные волновые воздействия с абрадирующим эффектом пляжевых отложений минимальны.

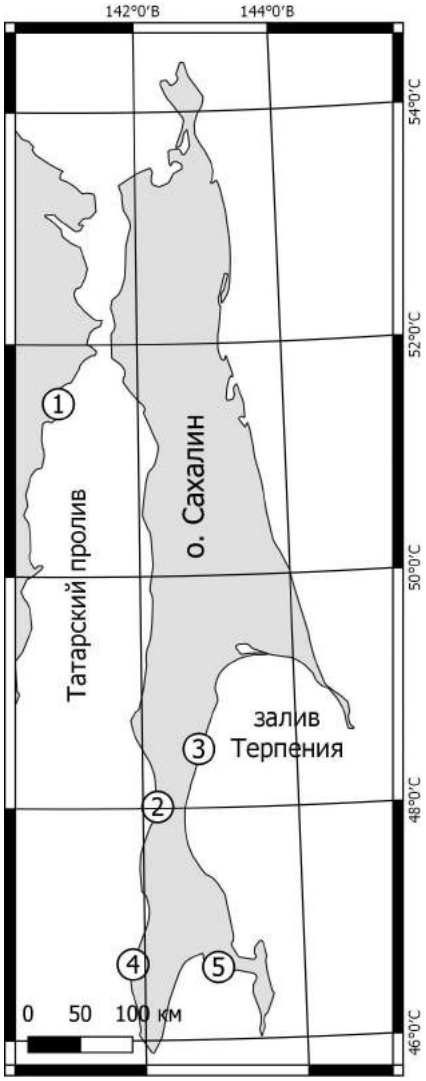


Рис. 1. Обзорная схема района исследований. Участки: 1 – Де-Кастри, 2 – Ильинский, 3 – зал. Терпения, 4 – Невельск, 5 – Пригородное

Доступные, малозатратные фотограмметрические методы позволяют получить высокоточные данные также об опасных высоких обрывистых береговых уступах, сложенных коренными породами [Westoby et al., 2012; Афанасьев, 2018]. Высокоточные ортофотопланы и 3D-модели высокого берегового уступа, сложенного вулканогенно-осадочными породами, дали возможность выявить механизмы разрушения клифов с неоднородной прочностью и определить их количественные параметры. Нами был исследован береговой уступ, ограничивающий с юга и востока площадку планируемого строительства завода СПГ, расположенную рядом с терминалом отгрузки нефти в районе полуострова Клыкова (Де-Кастри). Современный геолого-геоморфологический облик участка определен формированием в миоцене нескольких серий эффузивных образований и последующей их экзогенной переработкой. За последние 6 тыс. лет в результате разрушения берегового уступа высотой до 160 м сформировался бенч шириной до 100 м.

Ортофотопланы берегового уступа строились в ПО Agisoft Photoscan. Для получения корректной ортофотопроекции проводилась фотограмметрическая реконструкция 3D-модели уступа. Среднее разрешение фотоснимков 2,64 см/пикс. Начальная калибровка камеры проводилась встроенными средствами ПО Agisoft Lens. Затем проводилась увязка фотоснимков и вычисление координат центров фотографирования путем построения разреженного облака. Всего рассчитано 5 млн связующих точек. Модель искажений объектива уточнялась по распознанным связующим точкам, которые были зарегистрированы не менее чем на 3 снимках, далее строилось плотное облако точек, всего 62 млн точек. Из плотного облака точек была сформирована полигональная модель, которая использовалась для получения ортофотопланов. Модель привязывалась к местности посредством расположенных на уступе координированных маркеров. Суммарная длина изученного берегового уступа превышает 5000 м.

Было установлено, что разрушение идет по структурно ослабленным зонам, а также при обрушении крупных блоков горных пород из-за формирования волноприбойных ниш в быстро разрушаемых туфах. Валунно-галечниковые наносы пляжа способствуют формированию ниш также и в андезито-базальтовых разностях разреза, но со значительно более низкой скоростью. Существенно ослабляет прочностные характеристики вулканогенно-осадочных горных массивов суффозия по туфам и их контактам. Повторные фотограмметрические обследования в закрепленной системе координат позволяют решать задачи мониторинга с точностью, не уступающей технологиям лазерного сканирования [Bemis et al., 2014]. Тем не менее уже на первом этапе мы выполнили оценку скоростей разрушения берегового уступа с легко разрушаемыми геологическими комплексами либо дезинтегрированными комплексами дизъюнктивных зон. Были определены морфометрические параметры берегового уступа на участках активных склоновых процессов, спровоцированных абразионной подрезкой уступа или уменьшением устойчивости пород в результате выветривания и суффозии, установлены объемы коллювиально-пролювиальных форм у подножия. Время формирования коллювиально-пролювиальных образований и их элементов устанавливалось на основе анализа материалов дистанционного зондирования и характера растительности на поверхности. Осредненные скорости разрушения берегового уступа по зонам ускоренного разрушения изменяются в интервале от 0,29 до 0,87 м/год. Одномоментные отступления берегового уступа на участках протяженностью до 100 м могут достигать 7 м, что для коренных пород несколько необычно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.В. Геоморфологические аспекты проблемы выбора участков для строительства заводов сжиженного природного газа на побережье дальневосточных морей // XXXVI пленум Геоморфологической комиссии РАН «Геоморфология – наука XXI века» (г. Барнаул, 24–28 сентября 2018 г.). Сб. мат-лов. Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 2018. С. 26–31.

2. Полунин Г.В., Бузлаев В.А. Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов Сахалина. Масштаб 1: 500 000. М.: ГУГК, 1984.

3. Bemis S.P., Micklethwaite S., Turner D., James M.R., Akciz S., Thiele S.T., Bangash H.A. Ground-based and UAV-based photogrammetry: A multi-scale, high-resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology // Journal of Structural Geology. 2014. Vol. 69. P. 163–178.

4. Emery K.O., Kuhn G.G. Sea cliffs: their processes, profiles, and classification // Geological Society of America Bulletin. 1982. Vol. 93. No. 7. P. 644–654.

5. Griggs G., and Savoy L. Sea cliff erosion // In: Living with the California Coast. Durham: Duke University Press, 1985. P. 27–34.

6. Sunamura T. Geomorphology of Rocky Coasts. Wiley, New York, 1992. 302 p.

7. Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J. Structure-from-Motion'photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications // Geomorphology. 2012. Vol. 179. P. 300–314.

О СТАРТОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

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 Российской академии наук, 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

Исследуется подготовка землетрясения в прибрежной морской зоне, где глубина моря достаточно мала, чтобы пользоваться уравнениями мелкой воды. Исследование осуществлено методом блочного элемента, которым ранее было обнаружено стартовое землетрясение в континентальной зоне.

1. В качестве литосферных плит, с учетом масштаба Земли и размеров ее коры в зонах суши и океана, приняты полубесконечные пластины Кирхгофа, расположенные на деформируемом основании и достаточно надежно оправдавшие свое применение в разных работах. Торцы литосферных плит параллельны и расположены встречно. Подводная плита имеет толщину меньшую, чем плита суши. Океанический слой с учетом масштаба описывается уравнениями мелкой воды. С учетом приливных колебаний исследуется случай контакта литосферных плит с основанием при пренебрежимо малых касательных контактных напряжениях и низкочастотных гармонических вертикальных воздействиях.

Считаем, что на слой жидкости и плиты действуют внешние гармонические во времени силы, направленные вертикально. Построим локальную систему координат $x_1x_2x_3$ с началом в плоскости x_1x_2, совпадающей со срединной плоскостью пластины, осью ox_3, направленной вверх по нормали к пластине, осью ox_1, направленной по касательной к границе разлома, осью ox_2, направленной по нормали к границе разлома. Область, занятая левой плитой, обозначается λ и описывается соотношениями $|x_1| \le \infty$, $x_2 \le \theta$, а занятая правой – индексом r и координатами $|x_1| \le \infty$, $\theta \le x_2$. Для твердых литосферных плит уравнение Кирхгофа для фрагментов $b = \lambda, r$, занимающих области Ω_b с границами $\partial\Omega_b$, при вертикальных гармонических воздействиях напряжением $t_{3b}e^{-i\omega t}$ сверху и $g_{3b}e^{-i\omega t}$ снизу после исключения временного параметра имеет вид

$$\mathbf{R}_b(\partial x_1, \partial x_2)u_{3b} + \varepsilon_{53b}(t_{3b} - g_{3b}) \equiv \left(\frac{\partial^4}{\partial x_1^4} + 2\frac{\partial^2}{\partial x_1^2}\frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^4}{\partial x_2^4} - \varepsilon_{43b}\right)u_{3b} + \varepsilon_{53b}(g_{3b} - t_{3b}) = 0$$

$$\mathbf{R}_b(-i\alpha_1, -i\alpha_2)U_{3b} = \left[(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)^2 - \varepsilon_{43b}\right]U_{3b},$$

$$U_{3b} = \mathbf{F}_2 u_{3b}, \quad G_{3b} = \mathbf{F}_2 g_{3b}, \quad T_{3b} = \mathbf{F}_2 t_{3b}, \quad b = \lambda, r$$

$$m_b = -D_{b1}\left(\frac{\partial^2 u_{3b}}{\partial x_2^2} + \nu_b \frac{\partial^2 u_{3b}}{\partial x_1^2}\right) = f_{3b}(\partial\Omega_b), \quad D_{b1} = \frac{D_b}{H^2}, \quad D_{b2} = \frac{D_b}{H^3}, \quad x_{k0} = Hx_k, \quad k = 1,2$$

$$q_b = -D_{b2}\left(\frac{\partial^3 u_{3b}}{\partial x_2^3} + (2 - \nu_b)\frac{\partial^3 u_{3b}}{\partial x_1^2 \partial x_2}\right) = f_{4b}(\partial\Omega_b)$$

$$u_{3b} = f_{1b}(\partial\Omega_b), \quad \frac{\partial u_{3b}}{H\partial x_2} = f_{2b}(\partial\Omega_b), \; D_b = \frac{E_b h_b^{\,3}}{12(1 - \nu_b^{\,2})}$$

$$\varepsilon_{43b} = \omega^2 \rho_b \frac{(1 - \nu_b^{\,2})12H^4}{Eh_b^{\,2}}, \quad \varepsilon_{53b} = \frac{(1 - \nu_b^{\,2})12H^4}{E_b h_b^{\,3}}, \quad \varepsilon_6^{-1} = \frac{(1 - \nu)H}{\mu}$$

Здесь для пластин приняты обозначения: ν_b – коэффициент Пуассона, E_b – модуль Юнга, h_b – толщины пластин, ρ_b – плотность, ω – частота колебаний. g_{3b}, t_{3b} – значения контактных напряжений со стороны основания и давлений на пластины слоя жидкости сверху, действующих вдоль оси x_3 в области Ω_b. $\mathbf{F}_2 \equiv \mathbf{F}_2(\alpha_1, \alpha_2)$ и $\mathbf{F}_1 \equiv \mathbf{F}_1(\alpha_1)$ – двумерный и одномерный операторы преобразования Фурье соответственно, m_b и q_b – изгибающий момент и перерезывающая сила, $f_1(\partial\Omega_b)$ – вертикальное перемещение на границе $f_2(\partial\Omega_b)$; угол поворота срединной плоскости вокруг оси x_1 в системе координат координат x_1ox_2; h_b – толщины пластин, H – размерный параметр подложки, например толщина деформируемого слоя с верхней границей Конрада.

Поведение блочного элемента, которым является слой толщины H_1 несжимаемой жидкости Ω_0 на океанической литосферной плите, описывается уравнениями мелкой воды следующего вида

$$p = (i\omega\rho\psi + \rho g\frac{ih_b}{\omega H_1^2}\Delta\psi)e^{-i\omega t} - we^{-i\omega t}.$$

Здесь p – давление в слое жидкости, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, φ – потенциал скоростей в жидкости, w – внешнее воздействие на слой. Учитывая, что на верхней границе литосферной плиты на нее оказывается давление слоя жидкости, с учетом взятой модели необходимо принять

$$t_{3b} = p \quad и \quad u_{3b} = \frac{h_b}{i\omega H_1^2}\Delta\psi_b.$$

В результате дифференциальное уравнение относительно потенциала скоростей принимает вид

$$\Delta^3\psi_b + (\varepsilon_{53b}\rho g - \varepsilon_{43b})\Delta\psi_b + \varepsilon_{53b}\rho\frac{\omega^2 H_1^2}{h_b}\psi_b - i\varepsilon_{53b}\frac{\omega H_1^2}{h_b}(g_{3b} - w_b) = 0.$$

2. Для использования метода блочного элемента необходимо применить его алгоритм, включающий этапы внешней алгебры, внешнего анализа и фактор-топологии. На этапе внешней алгебры граничная задача сводится к функциональному уравнению следующего вида

$$\begin{aligned} &N_b(\alpha_1,\alpha_2)\,\Phi_b(\alpha_1,\alpha_2) = \int\limits_{\partial\Omega_b} \omega_b(\alpha_1,\alpha_2) + S_b(\alpha_1,\alpha_2) \\ &N_b(\alpha_1,\alpha_2) = (\alpha_1^2+\alpha_2^2)^3 + (\alpha_1^2+\alpha_2^2)(\varepsilon_{53b}\rho g - \varepsilon_{43b}) - \varepsilon_{53b}R_b \\ &S_b(\alpha_1,\alpha_2) = i\varepsilon_{53b}\frac{\omega H_1^2}{h_b}\mathbf{F}_2(\alpha_1,\alpha_2)(g_{3b}-w_b),\ \Phi_b(\alpha_1,\alpha_2) = \mathbf{F}_2(\alpha_1,\alpha_2)\ \psi_b,\ R_b = \rho\frac{\omega^2 H_1^2}{h_b} \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь $\omega_b(\alpha_1,\alpha_2)$, $b = \lambda, r$ – внешние формы, отвечающие рассматриваемой граничной задаче, которые достаточно просто строятся. Связь между граничными напряжениями и перемещениями на поверхности упругой среды, на которой находятся плиты, имеет вид

$$u_{3m}(x_1,x_2) = \frac{1}{4\pi^2\varepsilon_6}\sum_{n=1}^{2}\iint\limits_{R_2} K(\alpha_1,\alpha_2)\,G_{3n}(\alpha_1,\alpha_2)\,e^{-i\langle\alpha,x\rangle}\,d\alpha_1 d\alpha_2,\ K(\alpha_1,\alpha_2) = \mathbf{F}_2(\alpha_1,\alpha_2)k(x_1,x_2)$$

$$\langle\alpha,x\rangle = \alpha_1x_1 + \alpha_2x_2,\quad K(\alpha_1,\alpha_2,0) = O(A^{-1}),\quad A = \sqrt{\alpha_1^2+\alpha_2^2} \to \infty.$$

$K(\alpha_1,\alpha_2)$ – аналитическая функция двух комплексных переменных α_1,α_2, в частности мероморфная, разные ее примеры приведены в многочисленных публикациях [7].

Применим к исследованию функциональных уравнений этап внешнего анализа, названного так, поскольку дифференциальные операции совершаются над внешними формами. С этой целью представим функциональные уравнения в виде

$$U_{3b}(\alpha_1,\alpha_2) = N_b^{-1}(\alpha_1,\alpha_2)[\omega_b(\alpha_1,\alpha_2) + \varepsilon_{53b}\,S_{3b}(\alpha_1,\alpha_2)]. \tag{2}$$

Потребуем выполнение автоморфизма, одним из способов осуществления которого является обращение в ноль форм-вычетов Лере лишь в тех нулях $\alpha_{2n\pm} = \alpha_{2n\pm}(\alpha_1)$ функции $N_b^{-1}(\alpha_1,\alpha_1)$, которые обеспечивают каждой из граничных задач в качестве носителей только области литосферных плит. Псевдодифференциальные уравнения, вырождающиеся в алгебраические, с учетом принятых обозначений можно представить для левой плиты в форме

$$\begin{aligned} &-e^{-i\alpha_{2-}\Theta)}\{B_{1\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})Q_\lambda(\alpha_1,-\Theta) + B_{2\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})M_\lambda(\alpha_1,-\Theta) + B_{3\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})U_{3\lambda\partial x_2}(\alpha_1,-\Theta) + \\ &+B_{4\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})U_{3\lambda}(\alpha_1,-\Theta) + B_{5\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})P(\alpha_1,-\Theta) + B_{6\lambda}(\alpha_1,\alpha_{2n-})V_{x_2}(\alpha_1,-\Theta)\} + S_\lambda(\alpha_1,\alpha_{2n-}) = 0 \quad n = 1,2,3. \end{aligned}$$

Для сопряжения блочных элементов с основанием сопрягаются граничные перемещения и контактные напряжения литосферных плит и основания. Для перемещений имеем

$$U_{3\lambda} + U_{3r} + U_{3\theta} = U_3.$$

Здесь $U_{3\theta}$ – объем жидкости в области между торцами литосферных плит и верхней границей поверхности океана. Поскольку плотность воды намного меньше плотности материала литосферных плит, его воздействием на основание можно пренебречь. При сблизившихся литосферных плитах функция $U_{3\theta}$ исчезает.

Последнее соотношение можно, выделив контактные напряжения $G_{3л}(\alpha_1,\alpha_2)$, $G_{3r}(\alpha_1,\alpha_2)$, $G_3(\alpha_1,\alpha_2)$, представить в виде

$$N_л^{-1}(\alpha_1,\alpha_2)\left\langle \omega_л(\alpha_1,\alpha_2) + \varepsilon_{53л} iR_л\left[G_{3л}(\alpha_1,\alpha_2) - W_л\right\rangle\right] + U_{3\theta} +$$
$$+ N_r^{-1}(\alpha_1,\alpha_2)\left\langle \omega_r(\alpha_1,\alpha_2) + \varepsilon_{53r} iR_r\left[G_{3r}(\alpha_1,\alpha_2) - W_r\right\rangle\right] = \varepsilon_6^{-1} K(\alpha_1,\alpha_2) G_3(\alpha_1,\alpha_2).$$

Приняв во внимание, что $G_3(\alpha_1,\alpha_2) = -G_{3л}(\alpha_1,\alpha_2) - G_{3r}(\alpha_1,\alpha_2)$, и введя обозначения $G_{3л}(\alpha_1,\alpha_2) = G^-(\alpha_1,\alpha_2)$, $G_{3r}(\alpha_1,\alpha_2) = G^+(\alpha_1,\alpha_2)$, получим следующие функциональные уравнения типа Винера – Хопфа для определения контактных напряжений для двух случаев: $\theta > 0$; $\theta = 0$ при $U_{3\theta л} = 0$ в виде

$$M_{rл}(\alpha_1,\alpha_2) G^+(\alpha_1,\alpha_2) = G^-(\alpha_1,\alpha_2) + T_{rл}(\alpha_1,\alpha_2) + U_{3\theta л}.$$

Функции $G^+(\alpha_1,\alpha_2)$, $G^-(\alpha_1,\alpha_2)$ регулярны по параметру α_2 в верхней и нижней полуплоскостях соответственно.

Дальнейший анализ полученных функциональных уравнений и их решение детально изложено в [7]. Анализ полученных функциональных уравнений, которые являются более сложными, чем в случае континуальных стартовых землетрясений [7], показывает, что поведение контактных напряжений в зоне сближения литосферных плит описывается функциями, приведенными ниже. При исследовании решения первого уравнения, $\theta > 0$, имеются следующие свойства контактных напряжений между плитами и основанием:

$$\begin{aligned} g_{3л}(x_1,x_2) &= \sigma_{1л}(x_1,x_2)(-x_2-\theta)^{-1/2}, \quad x_2 < -\theta \\ g_{3r}(x_1,x_2) &= \sigma_{1r}(x_1,x_2)(x_2-\theta)^{-1/2}, \quad x_2 > \theta. \end{aligned} \tag{3}$$

При $\theta = 0$ также имеются свойства решений, подобные выявленным при континентальных стартовых землетрясениях

$$\begin{aligned} g_{3л}(x_1,x_2) &\to \sigma_{2л}(x_1,x_2) x_2^{-1} \\ g_{3r}(x_1,x_2) &\to \sigma_{2r}(x_1,x_2) x_2^{-1}. \end{aligned} \tag{4}$$

Эти ожидаемые свойства океанических землетрясений дают основания сделать важные заключения о возможности возникновения цунами по значениям параметров при сингулярностях.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации Госзадания ЮНЦ РАН на 2019 г., проект (00-18-04) госрегистрации № 01201354241, программ президиума РАН I-52, проект (00-18-29), а также при поддержке гранта РФФИ (18-05-80008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернштейн В.А. Цунами и рельеф океанического дна. Новосибирск: Наука, 1972. 142 с.

2. Hebenstreit G.T., and Murty T.S. Tsunami amplitudes from local earthquakes in the Pacific northwest region of North America. Part 1. The outer coast. Marine Geodesy, 1989. 13. P. 101–146.

3. Ng M., LeBlond P.H., and Murty T.S. Numerical simulation of tsunami amplitudes on the coast of British Columbia due to local earthquakes // Marine Geodesy. 1990. 13. P. 101–146.

4. Miloh T., and Striem H.L. Tsunami effects at coast sites due to offshore faulting // Technophysics. 1978. 46. P. 347–356.

5. Fine I.V., Rabinovich A.B., Thomson R.E., and Kulikov E.A. Numerical modeling of tsunami generated by submarine and subaerial landslides // In: Submarine Landslides and Tsunamis. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 2003. P. 72–93.

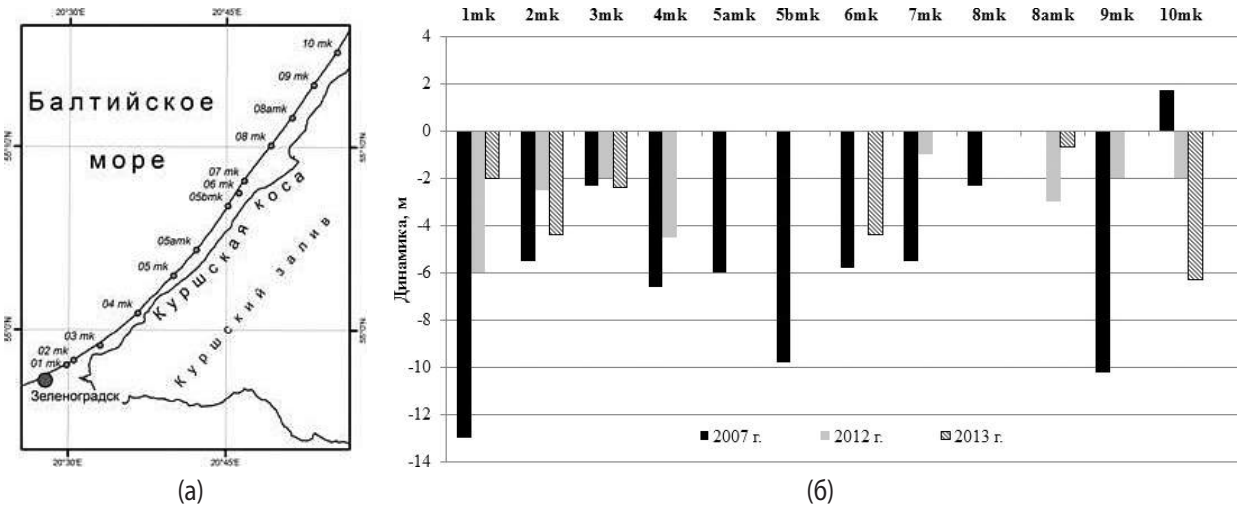
6. Го Ч.Н. О статистическом изучении распределения высот волн цунами вдоль побережья // В сб.: Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С. 73–79.

7. 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 (5). P. 2163–2175. hpps//doi.org/10.1007/s00707-017-2092-0.

РОЛЬ ШТОРМОВ В ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ (на примере Куршской косы)

В.П. Бобыкина, Б.В. Чубаренко
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
bobyval@mail.ru; chuboris@mail.ru

В работе дана оценка роли штормов в динамике берегов Юго-Восточной Балтики на примере Куршской косы. Материалами послужили данные многолетнего берегового мониторинга Калининградской области по методике, включающей работы по сбору количественных данных деформаций берега. Помимо регулярных ежегодных проводились послештормовые наблюдения с целью получить общую картину и количественно определить переработку берегов под воздействием конкретного шторма. Сбор материала проводился по специально разработанной методике по сети разбитых на берегу реперов [Бобыкина, Болдырев, 2007; Бобыкина, 2018] (рис. 1а).



(а) (б)

Рис. 1. Положение реперов берегового мониторинга на Куршской косе (а) и величины отступания линии берега после штормов 2007, 2012, 2013 гг. (б)

Куршская коса является созданной в результате постледниковой трансгрессии аккумулятивной песчаной формой (пересыпь), простирающейся от Самбийского п-ва в северо-восточном направлении. Общая протяженность 98 км, из них 48 км (южная часть) в пределах Российской Федерации (Калининградская область), остальная – Литовская Республика. Береговая линия имеет северо-западную экспозицию [Boldyrev, Bobykina, 2008].

Динамика берега в значительной мере определяется режимом ветрового волнения, который отличается сезонностью. В холодный период года во время прохождения циклонов с Атлантики дует ветер скоростью 8–14 м/сек, нередко с усилением до 18–20 м/сек. В теплый период ветер ослабевает [Стонт и др., 2012].

Наиболее активная штормовая деятельность приходится на осенне-зимний период. Преобладают штормы западных румбов, но случаются и северных. Последние являются наиболее разрушительными на берегах северной экспозиции (северный берег Самбийского п-ва, южная часть Куршской косы), поскольку волны имеют наибольший разбег (фактически вся акватория Балтийского моря) и обладают максимальной энергией.

В текущем столетии сильные разрушительные штормы наблюдались (после декабрьского шторма в 1999 г.) в 2005, 2007, 2012, 2013, 2019 гг. Все они сопровождались подъемом уровня моря Балтийского моря у берегов юго-восточной Балтики до 120–160 см.

Воздействие штормов на морской берег Куршской косы рассмотрим на примере штормов 2007, 2012 и 2013 гг.

Шторм в январе 2007 г. был обусловлен северо-западными ветрами (вкрест простирания береговой линии) со скоростью 20–25 м/сек. Сопровождался нагоном вод до 150 см, что соответствует или близко величинам высоты пляжа. Был разрушителен по всему периметру Куршской косы (за исключением северного приграничного участка). Максимальный размыв составил 13 м (прикорневая часть), а в среднем 2,5–3 м (рис. 1б). На мористом склоне авандюны образовались вертикальные уступы размыва высотой 2,5–3 м. На северном отрезке, наоборот, наблюдалась аккумуляция наносов из-за разгрузки вдольберегового потока наносов [Бобыкина, Стонт, 2014].

Шторм в январе 2012 г. Весь январь 2012 г. отличался штормовой погодой. 14–15 января на побережье обрушился шторм от северных румбов со скоростью ветра 22 м/сек, в порывах до 28 м/сек. Он сопровождался повышением уровня моря до 140–160 см. В течение 1,5 сут. наблюдались волны высотой до 5–6 м (на глубине 18 м). Наибольший размыв берега был на северном побережье Самбийского полуострова, а также в южной прикорневой части косы, где составил от 2 до 6 м. При этом произошел прорыв авандюны с затоплением прибрежного леса и подтоплением автотрассы, как и в шторм 1983 г. Это был 2-й случай прорыва авандюны за послевоенное время. На северном отрезке косы размыв составил 2–3 м (рис. 1б) [Bobykina, Stont, 2015].

Шторм в декабре 2013 г. Из 5 штормов в декабре 2013 г. (ветер 26 м/сек, порывы до 28 м/сек) самым сильным оказался шторм "XAVER", пришедший от запада. Он сопровождался подъемом уровня до 120 см. Размыв берега Куршской косы носил фрагментарный характер с максимумом в северной приграничной части (6,3 м). Значительный размыв – от 2 до 4,4 м – наблюдался в прикорневой части косы [Бобыкина и др., 2015] (рис. 1б).

Таким образом, при сильных штормах, сопровождаемых высокими нагонами, наиболее разрушительными для Куршской косы явились штормы от северо-запада (2007 г.).

Но катастрофические последствия типа полного прорыва авандюны и подтопления прилегающего леса и автотрассы могут происходить и во время штормов другого направления, как это было, например, в 2012 г. (шторм от севера), когда размытая предыдущими штормами авандюна не выдержала ветро-волнового воздействия.

При штормах от запада размыв носит выборочный характер с максимумом в северной приграничной части.

Не всегда послештормовой баланс наносов на Куршской косе является отрицательным даже при больших размывах. Большую роль играют особенности хода затухания шторма, влияющие на прибрежную литодинамику. Например, в шторм 2012 г. произошел быстрый разворот ослабевающего ветра с северного на северо-восточный. Рыхлый материал с подводного склона стал поступать на пляж российской части Куршской косы в объемах, превышающих объем размыва берега; сформировались не характерные для косы пляжи шириной около 70 м [Бобыкина, Карманов, 2013].

Поскольку штормы проходят в холодный период, то их воздействие на берега зависит также от наличия и продолжительности стояния ледового покрова в прибрежной зоне. Последние десятилетия ледовый припай практически отсутствует, и вся энергия штормовых волн обрушивается на берег.

Усилению разрушительного воздействия штормов на берег также способствует устойчивый положительный тренд подъема уровня моря у берегов Юго-Восточной Балтики (после 1993 г. рост среднегодового уровня составил 11,4 мм/год [Навроцкая, Чубаренко, 2013]), а также дефицит наносов на подводном береговом склоне косы [Жамойда и др., 2008].

Анализ выполнен в рамках гранта РФФИ 18-05-01145, сбор материала был произведен за счет темы № 0149-2019-0013 государственного задания ИО РАН. Авторы благодарят коллег по работе и студентов-практикантов БФУ им. И. Канта за участие в экспедиционных работах при проведении берегового мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобыкина В.П., Болдырев В.Л. Методика мониторинга берегов Калининградской области // Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря (Материалы XXII международной конференции). Геленджик, 16–20 мая 2007. С. 52.

2. Бобыкина В.П., Карманов К.В. Особенности послештормовой литодинамики берегов Юго-Восточной Балтики (на примере морского берега Куршской косы) // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ: труды 3-й Междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов», г. Иркутск, 29 июля – 3 августа 2013 г. / отв. ред. Е.А. Козырева, А.Ш. Хабидов. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2013. С. 49–53.

3. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И. Сравнение воздействия на берега Куршской косы сильных штормов 2007 и 2012 годов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. Вып. 10 / сост. И.П. Жуковская. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2014. С. 173–181.

4. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И., Карманов К.В. Особенности динамики морского берега Куршской косы в зимний период 2013–2014 годов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. Вып. 11 /сост. И.П. Жуковская. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2015. С. 69–78.

5. Жамойда В.А., Рябчук Д.В., Кропачев Ю.П., Болдырев В.Л., Сивков В.В. Проявления современных литодинамических процессов в береговой зоне Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. Вып. 9. / сост. И.П. Жуковская. Калининград, 2008. С. 149–164.

6. Навроцкая С.Е., Чубаренко Б.В. Тенденции изменения уровня моря в лагунах Юго-восточной Балтики // Океанология. 2013. Т. 53. № 1. С. 17–28.

7. Стонт Ж.И., Гущин О.А., Дубравин В.Ф. Штормовые ветра Юго-Восточной Балтики по данным автоматической метеорологической станции в 2004–2010 гг. // Известия Русского географического общества. 2012. Т. 144. Вып. 1. С. 39–46.

8. Bobykina V.P. and Stont Zh.I. Winter Storm Activity in 2011–2012 and its Consequences for the Southeastern Baltic Coast // Water Resources. 2015. Vol. 42. No. 3. P. 371–377.

9. Boldyrev V., Bobykina V. The Coasts of the Vistula and Curonian Spits as Transboundary Territory // Transboundary waters and basins in the South-Eastern Baltic / B.V. Chubarenko (Ed). Kalininhgrad: Terra Baltica, 2008. P. 226–238.

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ В КЛИМАТИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ ГОЛОЦЕНА КАК МОДЕЛЬ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА (на примере Сахалина и Курильских островов)

Р.Ф. Булгаков
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
r.bulgakov@imgg.ru; r_bulgakov@mail.ru

Морская трансгрессия во время климатического оптимума голоцена может быть использована как модель для оценок природных изменений, в том числе опасных явлений, на морских побережьях в результате возможного потепления климата в будущем [П.А. Каплин, устное сообщение].

В активных регионах, таких как остров Сахалин и Курильские острова, реконструкции гляциоэвстатических изменений уровня моря в геологическом прошлом, даже относительно недавнем – голоцене, осложняются неопределенностью скоростей вертикальных тектонических движений отдельных блоков.

Несмотря на осложняющий эффект неотектоники для Западного Сахалина (рис. 1а) [Короткий и др., 1997] и Южных Курил (рис. 1б) [Разжигаева и др., 2006] были предложены кривые изменения уровня моря в голоцене.

Кривая изменений уровня моря для побережья Западного Сахалина разработана авторами по результатам комплексных геоморфологических и палеогеографических исследований, использовавших в первую очередь палеоэкологические реконструкции по данным диатомового анализа, результаты радиоуглеродных датировок, палеоклиматические реконструкции палинологического анализа, литологический анализ условий осадконакопления.

Авторы оставили дискуссионным собственный вывод о высоком уровне атлантической и суббореальных трансгрессий на побережье Западного Сахалина, подчеркивая, что средне- и позднеголоценовые трансгрессии в соседних с Сахалином районах не отличаются высоким уровнем.

Кривая по южным Курилам составлена в большей степени путем сравнительного анализа со смежными районами – Сахалин, Приморье, Хоккайдо. На Южных Курилах подъем уровня в суббореальное время предполагается «достаточно высоким, возможно, сопоставимым с атлантическим», в интервале (14С даты) 4090–3790 л.н.

Цитированные выше кривые изменений уровня моря в голоцене привлекают внимание предложенным авторами максимумом трансгрессии в суббореале – в интервале времени около 4 тыс. л.н.

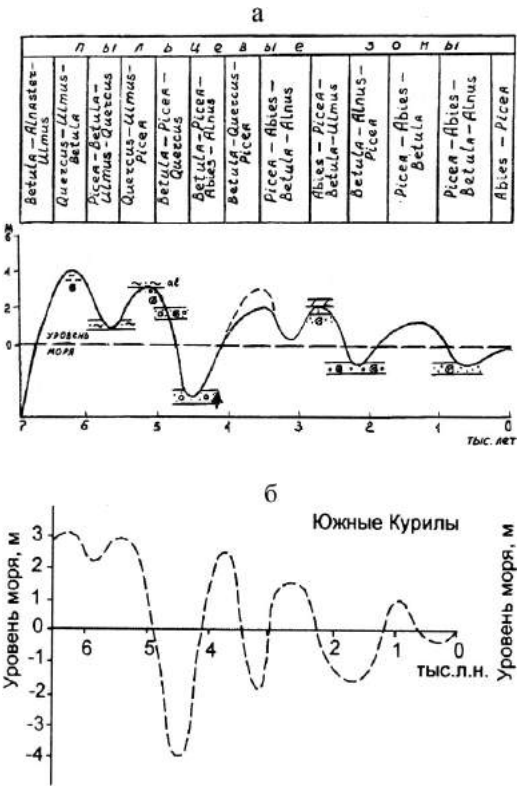


Рис. 1. Колебания уровня моря в позднем голоцене: а) Западный Сахалин, побережье [Короткий и др., 1997]; б) Южные Курильские острова [Разжигаева, Ганзей, 2006]

В этом же временном интервале был получен максимум трансгрессии на севере острова Хонсю, вдоль побережья п-ова Шимокита, в результате комплексных геоморфологических, палеогеографических исследований и гляциогидроизостатического моделирования колебаний уровня моря [Yokoyama et al., 2012]. Авторы выбрали тектонически стабильный участок на японских островах для оценок изменений уровня моря в голоцене. Шесть моделей Земли, с литосферой 30 км и 60 км и вязкостью нижней мантии 5×10^{21} Па·с, 10^{22}Па·с и 3×10^{22}Па·с, при постоянной вязкости верхней мантии 2×10^{20}Па·с использовались для расчетов. Таяние ледников симулировали по трем сценариям: модель А – полное прекращение таяния ледников 6000 л.н., модель В – прекращение таяния основной массы ледников 4000 л.н., модель С – равномерное таяние ледников в течение всего послеледниковья до настоящего времени. Результаты моделирования по модели В показали превышение современного уровня моря на четырех репрезентативных точках до 1,5 м, в то время как модель А и модель С не показали превышения современного уровня моря в интервале 4000 л.н.

В лаборатории береговых геосистем ИМГиГ ДВО РАН было выполнено аналогичное гляциогидроизостатическое моделирование для оценки уровня моря в послеледниковый, позднеголоценовый период в Охотоморском регионе, в районах о. Сахалин и Курильских о-вов в программе с открытым кодом SELEN-2.9, разработанной Г. Спада с соавторами [Spada, Stocchi, 2006; 2007; Spada et al., 2012].

При моделировании использовалась модель Земли "VM2a", предложенная В.Р. Пелтиер [Peltier, 2004]. Моделирование выполнялось в двух вариантах: 1-й вариант – с реологическими характеристиками мантии, аналогичными тем, которые рекомендуются разработчиками программы, и предложенным В.Р. Пелтиер [Peltier, 2004]; 2-й варинат – с реологическими характеристиками мантии, использованными в модели для северной части о. Хонсю – п-ова Шимокита [Yokoyama et al., 2012] и обоснованными как наиболее соответствующие региону Японских островов. Дополнительно 2-й вариант был посчитан при увеличенной практически в два раза вязкости верхней мантии. Был использован сценарий таяния ледников ICE-5G [Peltier, 2004], в котором таяние ледникового покрова Антарктиды прекращается 4000 л.н.

Результаты моделирования (рис. 2) показали приблизительно одинаковое превышение уровня моря около 4000 л.н. для обеих основных моделей Земли. Наибольшее превышение уровня моря наблюдалось на западном побережье Сахалина в точке (142,0°в.д. 50,5°с.ш.) и достигало в максимуме 1,2 м выше современного. Любопытно, что в дополнительной модели с увеличенной вязкостью верхней мантии примерно в два раза (кривая visc05_5, рис. 2а) превышение уровня моря увеличилось в той же точке до 1,8 м выше современного уровня моря.

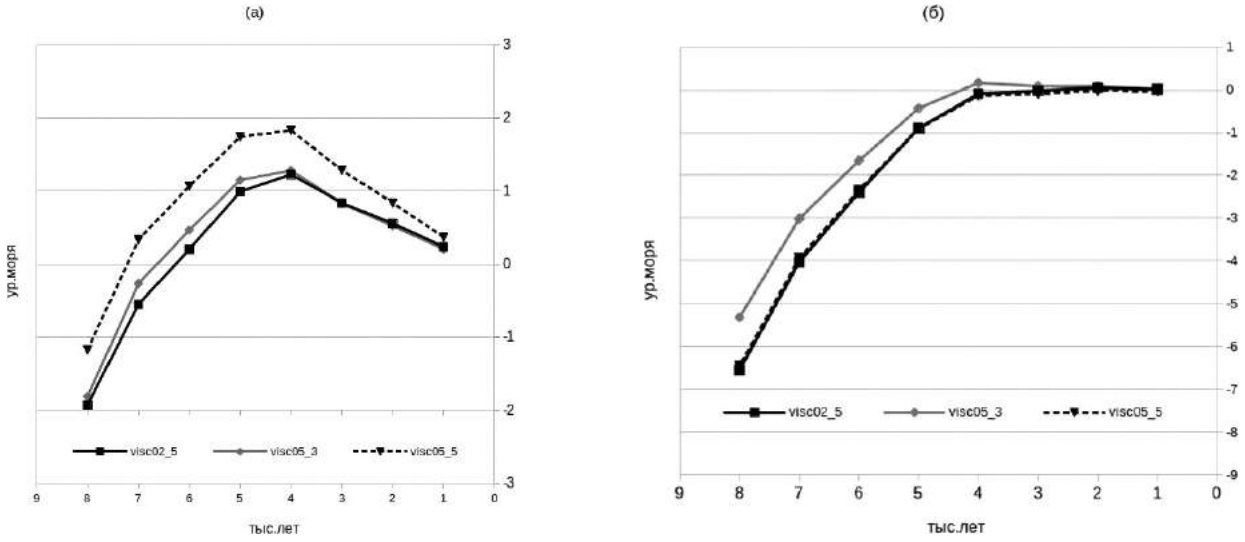


Рис. 2. Изменения уровня моря в голоцене по результатам моделирования: а) побережье Западного Сахалина (142,0°в.д. 50,5°с.ш.), б) Южные Курилы (147,5°в.д. 45,0°с.ш.). Усл. обозн.: кривая visc02_5 – модель Земли с литосферой 30 км, с вязкостью верней мантии $0,2\times10^{21}$Па·с, нижней мантии 5×10^{21}Па·с; кривая visc05_3 – модель Земли с литосферой 90 км, трехслойной мантией, вязкость верней мантии $0,5\times10^{21}$Па·с, среднего слоя $0,5\times10^{21}$Па·с, нижней мантии $2,7\times10^{21}$Па·с; кривая visc05_5 – модель Земли с литосферой 30 км, вязкостью верней мантии $0,5\times10^{21}$Па·с, нижней мантии 5×10^{21}Па·с

На Южных Курилах расчетные уровни моря достигли максимума 4000 л.н., но показали превышения современного уровня моря всего лишь на 0,1 м, заметных превышений уровня моря, сравнимых с предполагаемыми (2 м и выше) не наблюдалось.

Обсуждение результатов. Оценка возможных последствий подъема уровня моря на побережьях путем сравнения с трансгрессией климатического оптимума голоцена подразумевает возможное техногенное потепление климата, аналогичное тому, которое случилось 4–6 тыс. л.н.

До настоящего времени сохраняется дискуссионным сценарий таяния ледников. Принято считать, что на северном полушарии таяние закончилось 7000 л.н., таяние покрова Антарктиды прекратилось 5000 или 4000 л.н., а современные деградации ледников обоих полушарий связывают с современными климатическими изменениями [Clark, Lingl, 1978; Yokoyama et al., 2012 и др.]. Рассматриваются также сценарии, при которых ледниковый щит Антарктиды после максимального сокращения 6000 л.н. в последующем немного увеличился, что дало понижение уровня моря [Stocchi, Spada, 2007].

Наблюдаемое заметное превышение современного уровня моря на побережье Западного Сахалина, полученное при заданных параметрах моделирования, совпадает с так называемой зоной «подъема уровня VI по Кларку», а отсутствие превышения уровня моря в районе Южных Курил попадает в зону «снижения уровня IV по Кларку» [Clark, Lingl, 1978; Stocchi, Spada, 2007].

Вклад тектоники в подъем древних следов уровня моря на Сахалине и Курилах требует отдельной, специальной оценки.

Выводы

1. Полученный опыт моделирования показал перспективные возможности метода. В последующем потребуется уточнение реологических характеристик мантии для Охотоморского региона.

2. Результаты моделирования продемонстрировали заметное превышение уровня моря в оптимум голоцена на западном побережье Сахалина, что совпало с палеогеографическими данными. Таким образом, в случае реализации сценария техногенного потепления климата следует ожидать, по предварительным оценкам, разрушений береговых инфраструктур от наводнений именно на западном побережье Сахалина.

3. На Курильских островах, скорее всего, эффект от возможного потепления климата не будет иметь разрушительных последствий для инфраструктуры побережий в результате превышения современного уровня моря и наводнений. Но возможно (особенно в районе Центральных Курил), наоборот, некоторое понижение уровня моря и, соответственно, дополнительные экономические расходы на исправление ситуации, такие как дноуглубление, реконструкция причальных сооружений, в случае марикультур и рыбразводов – перенос объектов на новые участки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Короткий А.М., Пушкарь В.С., Гребенникова Т.А. Морские террасы и четвертичная история шельфа Сахалина. Владивосток: Дальнаука, 1997. 229 с.

2. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А. Обстановки осадконакопления островных территорий в плейстоцене-голоцене. Владивосток: Дальнаука, 2006. 365 с.

3. Clark J.A., Lingle C.S. Predicted Relative Sea-Level Changes (18 000 Years B.P. to Present) Caused by Late-Glacial Retreat of the Antarctic Ice Sheet // Quaternary Research. 1979. 11. P. 279–298.

4. Peltier W.R. Global Glacial Isostasy and the Surface of the Ice-Age Earth: The ICE-5G (VM2) Model and GRACE // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2004. 32. P. 111–149.

5. Spada G., Stocchi P. The Sea Level Equation, Theory and Numerical Examples. Aracne, Roma, 2006.

6. Spada G., Stocchi P. SELEN: A Fortran 90 program for solving the sea-level equation. // Computers & Geosciences. 2007. Vol. 33. Issue 4, May. P. 538–562. (http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2006.08.006)

7. Spada G., Melini D., Galassi G., Colleoni F. (2012) Modeling sea level changes and geodetic variations by glacial isostasy: the improved SELEN code. (http://arxiv.org/abs/1212.5061)

8. Stocchi P., Spada G. Glacio and hydroisostasy in the Mediterranean Sea: Clark's zones and role of remote ice sheets // Annals of Geophysics. 2007. Vol. 50. No. 6, December.

9. Yokoyama Y., Okuno J., Miyairi Y., Obrochta S., Demboya N., Makino Y., and Kawahata H. Holocene sea-level change and Antarctic melting history derived from geological observations and geophysical modeling along the Shimokita Peninsula, northern Japan // Geophys. Res. Lett. 2012. 39. L13502, doi:10.1029/2012GL051983.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ ШТОРМОВОЙ НАГОН В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 1952 г.

П.И. Бухарицин
Институт водных проблем РАН, г. Астрахань
astrgo@mail.ru

10–13 ноября 1952 г. в северо-западной части Каспийского моря наблюдались штормовые восточные и юго-восточные ветры, вызвавшие сгон воды из восточных районов Каспийского моря и чрезвычайно мощный нагон морских вод в северо-западной его части. В результате резкого повышения уровня был затоплен обширный район западного побережья Каспия от Прикаспийска до Бирюзяка площадью около 17 тыс. км^2. В северной половине Каспийского моря и в дельте Волги были затоплены все прибрежные районы, нанесен значительный материальный ущерб предприятиям рыбной промышленности и другим отраслям народного хозяйства.

Учитывая, что подобное наводнение является исключительно редким явлением и в XX столетии (наблюдалось до этого только один раз, 25–27 ноября 1910 г.), для определения зоны затопления специалистами Астраханского гидрометбюро (ГМБ) в декабре 1952 г. была произведена авиаразведка, позволившая составить достаточно объективную карту зоны затопления. Шторм 10–13 ноября 1952 г. явился предметом обсуждения на коллегии Главного управления гидрометеорологической службы (ГУГМС), в результате появился приказ ГУГМС № 12 от 16 января 1953 г., возлагавший на УГМС Азербайджанской ССР составление в 1953–1954 гг. анализа и обзора условий наводнения, имевшего место в указанный период. Этот анализ и обзор произведен специалистами Бакинского бюро погоды [Кошинский, Рыжкова, 1952]. В свое время результаты исследований не были опубликованы в специальной литературе. По мнению авторов, эти материалы представляют особый интерес в свете тех работ, которые проводились тогда по теме «Гидрометеорологический режим шельфовых зон морей СССР», в частности уникальные в своем роде карта зоны затопления и схема экстремальных скоростей ветра, построенная по данным береговых и островных ГМС. Достаточно сказать, что много мелких и средних судов и даже целые плавучие заводы оказались тогда сорванными с якорных стоянок, вынесены наводнением в просторы Прикаспийской низменности на 5–15 км от берега и разрушены, погибло большое количество крупного и мелкого скота, были человеческие жертвы.

Общая гидрометеорологическая обстановка в Северном Каспии в период нагона (по донесениям гидрометеостанций службы). В связи с тем, что установившийся с 8 ноября 1952 г. на Каспийском море юго-восточный перенос с каждым днем усиливался и к середине дня 12 ноября достиг силы жесткого шторма, в течение всех пяти дней происходил непрерывный подъем уровня моря практически по всему участку северо-западной части моря от Жамбая на северном берегу моря до Аграханского полуострова на западном (рис. 1).

В связи с прогрессирующим повышением уровня воды в северо-западных районах Каспийского моря, начавшегося с утра 11 ноября и продолжавшегося до середины дня 12 ноября, началось затопление низменного берега и островов. К 12 ноября оказались полностью затопленными острова Жесткий, Чистая Банка, Чапуренок и ряд более мелких, низменных. По донесению ст. Чистая Банка: «11 ноября в 24 ч 20 мин остров затопило полностью. Уровень воды на острове достиг 1,5 м. Вода дошла до окон, приборы и материальные ценности спасали на крышах, на острове не осталось ни одного целого жилого помещения». ГМС о. Тюлений: «50–60 % острова Тюлений покрыто водой. На острове часть домов, расположенных на берегу, и производственные объекты затопило. Все футштоки и мареограф затоплены». ГМС Ганюшкино: «12 ноября был сильный ветер юго-восточного направления, сила которого достигала 25 м/с, пригнал много воды. Водой затоплена вся территория Ганюшкино. Колхозы, находившиеся восточном направлении, затоплены полностью, были жертвы».

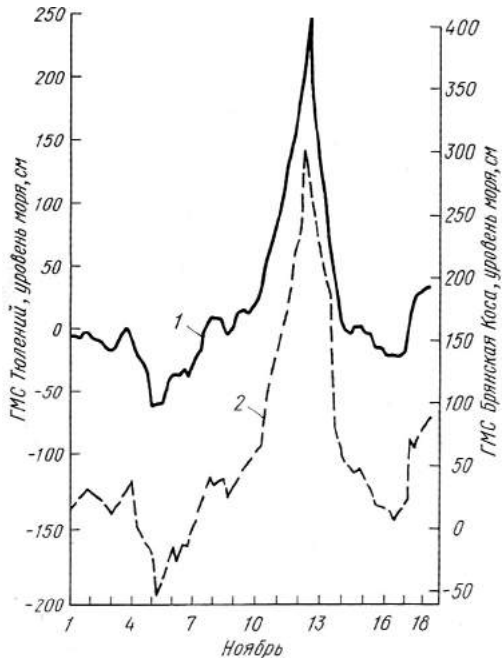


Рис. 1. Ход уровня моря в Северном Каспии в первой половине 1952 г. на о-ве Тюленьем (*1*) и Брянской Косе (*2*)

ГМС Каспийск 12 ноября: «Ворвавшаяся в низины и естественные углубления вода неслась с необыкновенной быстротой и силой, увлекая за собою и разрушая всё на своем пути. Находившиеся на окраине Каспийска постройки, жилые дома все разрушены и смыты. На море сорван с якорей весь рыболовецкий флот, плавучие заводы унесены в степь на расстояние 15–30 км от берега». ГМС Брянская коса: «На участке от Боянской до Суютинской косы 12 ноября вода подошла вплотную к береговому гребню песчаных бугров и на расстоянии 4–5 км к северу от станции в 9–10 часов 12 ноября начала их размывать. Вода вышла из берегов. Брянскую косу затопило, началось затопление равнины и впадины вокруг села Брянское, находящегося в 7–8 км от моря. Вода с севера подошла вплотную к домам в селе. В районе Черного рынка водой затопило полосу камышей шириной 4–5 км, в некоторых местах по впадинам вода проникла вглубь материка на расстояние до 10–12 км, затопила прибрежные пастбища…»

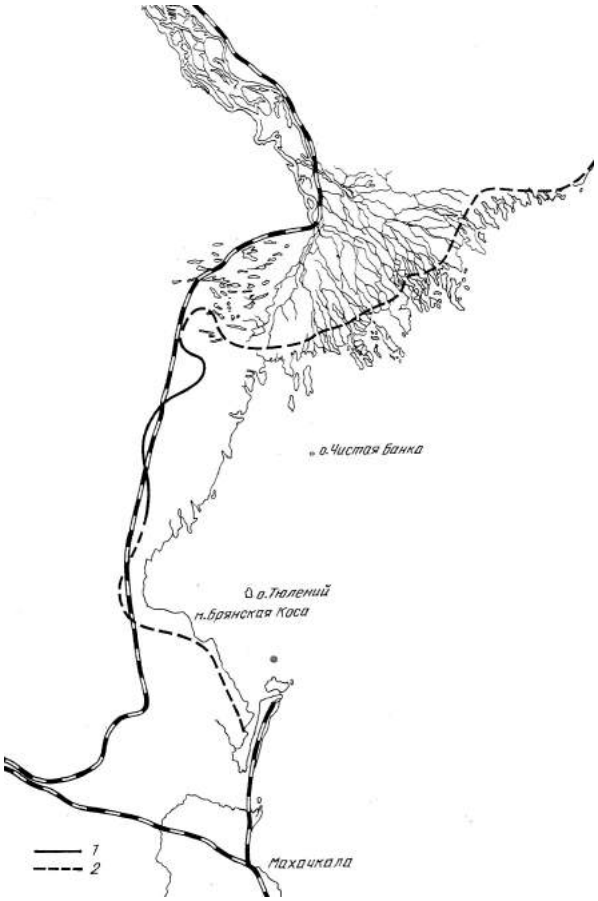


Рис. 2. Граница зоны затопления прибрежных районов Северного Каспия во время шторма 10–13 ноября 1952 г.: 1 – по данным авиаразведки; 2 – по данным наблюдений метеорологических станций, нивелировок Днепрогипротранса и опроса местных жителей

В своем движении на запад воды Каспийского моря 12 ноября достигли полотна железной дороги Кизляр – Астрахань и на отдельных участках размыли ее (в районах железнодорожных станций Улан-Хал, Белое озеро, Кочубей). У станции Кочубей сотрудниками Днепрогипротранса, занимавшимися в то время изыскательскими работами, была осуществлена нивелировка «максимального стояния» воды с отметкой минус 24,53 м ниже уровня океана (аналогичная отметка была зарегистрирована в районе Брянской косы). ГМС Черный рынок: «...В связи с тем, что берега в нашей местности пологие, под напором вода быстро стала заливать их, в первую очередь низинами она стала затапливать местность вглубь до 4–9 км. Затопленной в районе оказалась местность более 300 км^2. Размытым оказалось полотно железной дороги на протяжении 50–70 м, прервано движение поездов на трое суток» [Бухарицин, 1994].

В целях уточнения ширины зоны затопления в западной части Прикаспийской низменности 2 декабря 1952 г. была произведена авиаразведка. Предельная граница зоны затопления определялась визуально. Ориентирами служили остатки озер, образовавшихся в пониженных формах рельефа (ярыках, ильменях), которых ранее до наводнения не было; останки морских плавсредств (мелких судов, рыболовецких лодок, баркасов), вынесенных морскими водами на сушу на большое расстояние от берега (на отдельных участках да 30–35 км).

Западная граница зоны затопления, по данным авиаразведки, представлена на рисунке 2 сплошной линией. Предположительная зона затопления в дельте Волги, в районе Кизлярского залива и южнее его определена по донесениям метеорологических станций, составленных по данным личных наблюдений, опросу местных жителей и нивелировок Днепрогипротранса. На схеме (рис. 2) на этих участках граница проведена пунктиром.

Некоторые данные о ветре и уровне в северной части моря. При сильных ветрах в Северном Каспии быстро развивается сильное волнение, однако вследствие его мелководности волнение не получает достаточного развития и носит, как правило, неправильный характер. В северо-западной части моря преобладающим является волнение 3–5 баллов, повторяемость которого составляет 55 %. При сильных юго-восточных ветрах в Северном и Среднем Каспии возможно развитие волнения до 6 баллов, с высотой волны 2–3 м. Повторяемость штормового волнения в 6 баллов, как правило, не превышает 5 %. Течения Северного Каспия в основном дрейфовые и целиком зависят от ветрового режима. На Каспийском море наблюдается непрерывное изменение уровней с большой амплитудой колебаний. По длительности периода колебаний изменения уровня моря можно разбить на три вида: многолетние (вековые), сезонные и эпизодические (непериодические).

Многолетние колебания уровня носят циклический характер. Цикличность связана с различием в приходе и расходе воды. С 1830 до 1945 г. трижды наблюдалось резкое понижение уровня: в 1850-х гг., в 1920-х гг., и наиболее интенсивное падение началось с 1930-х гг. Падение уровня во второй четверти XX в. обусловлено маловодностью Волги в период 1930–1977 гг., которая дает в среднем около 80 % притока в Каспийское море.

Наивысшее положение среднего годового уровня моря наблюдалось в 1881 г., наинизшее – в 1977 г. Сезонные колебания уровня носят периодический характер, зависящий от непрерывного притока речных вод и испарения в течение года. Наибольший подъем вод приходится на конец июня и первую половину июля, наименьший – на январь – март. Различие между наибольшими и наименьшими средними месячными уровнями на севере Каспия не превышает 30–50 см. Кратковременные изменения уровня, наблюдавшиеся в прибрежных мелководных районах моря, обычно связаны с работой ветра над поверхностью моря и в зависимости от силы и продолжительности ветра могут достигать значительных величин.

Нагонные юго-восточные ветры в северо-западной части моря вызывают повышение уровня моря, доходящее в отдельные годы до 2,5–3,5 м. Так, по данным нивелировок Днепрогипротранса, в 1877 и в 1910 гг. наблюдался подъем воды до 3,6 м от среднего уровня. Несколько меньший нагон воды имел место в 1925 г., в результате которого уровень воды повысился на Астраханском рейде на 2,3 м, а у Бирючьего острова – до 2,4 м. Скорость подъема воды 11 ноября 1925 г. доходила до 7,5 см/ч. Особо опасные нагоны в СЗЧ Каспия за последнее столетие наблюдались 12 раз (табл. 1). В ноябре 1952 г. имел место катастрофический подъем уровня воды, величина которого достигла у о. Тюлений 2,8 м, в районах Каспийска и Брянской косы – 4,5 м относительно среднегодового уровня моря.

Таблица 1. Характеристика особо опасных нагонов в северо-западной части Каспийского моря

Дата	Максимальный уровень моря на пике нагона, м. абс.	Подъем воды относительно среднего уровня моря, м	Скорость подъема воды, см/ч	Ширина зоны затопления, км
1887	–	3,6	–	–
25–27.11.1910	–	3,6	–	–
11.11.1925	–	2,4	7,5	–
19–23.03.1940	–	2,0	–	–
10–13.11.1952	**–24,53**	**4,5**	**20**	**<50**
19–20.11.1960	–26,95	2,0	4–10	10–17
17–18.02.1981	–26,16	1,8	5–10	<25–30
27–30.12.1981	–26,16	1,8	<14	<40
25–28.01.1984	–26,84	1,5	4–14	<20–30
17–18.04.1989	–26,20	1,8	4–9	<20–30
16–18.05.1991	–26,32	1,7	8–10	–
23.06.1991	–25,92	2,0	5	<20–25

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

Подъемы уровня воды во всех приведенных случаях наблюдались поздней осенью и обусловлены сильными и устойчивыми по направлению ветрами юго-восточной четверти.

В теплую половину года штормовая деятельность в районах Северного Каспия выражена крайне слабо и в подавляющем большинстве локализуется в пределах ограниченных районов и, следовательно, не может вызвать больших отклонений уровня воды от его среднего значения, в связи с чем анализ ветрового режима этого периода года не производился.

В холодную часть года повторяемость сильных ветров со скоростью более 10 м/с составляет в Астрахани 4–5 %, на Бирючьем острове 5–6 %, на о. Чечень 8–11 % и в Форту-Шевченко 25–29 %, в июле такие ветры имеют повторяемость в Астрахани всего лишь 2 %, в районе Бирючьего острова 1,4 %, на о. Чечень 3 % и в Форту-Шевченко 11 %. Несмотря на большую повторяемость сильных ветров в холодную половину года, действие их на уровень моря в северо-западной части моря с декабря по февраль ограничивается наличием ледяного покрова [Бухарицин, Мазун, 2007]. Несмотря на некоторое различие в географическом расположении четырех пунктов Северного Каспия, многолетние данные по ним свидетельствуют о том, что в холодные месяцы года преобладающими во всех частях Северного Каспия являются ветры восточные и юго-восточные, повторяемость которых для Астрахани составляет 40 %, Бирючьей косы – 49 %, о. Чечень 47 % и для Форта-Шевченко – 52 %.

Повторяемость ветра по градациям скоростей по районам Северного Каспия различна в зависимости от географического положения района. Так, например, если в Астрахани и в районе Бирючьей косы в ноябре на слабые ветры (до 4 баллов) приходится от 64 до 76 %, то для Форта-Шевченко и о. Чечень на эту градацию

приходится вдвое меньше – от 31 до 40 %. Наиболее часто сильные ветры наблюдаются в районе Форта-Шевченко, на которые приходится до 1/3 всех случаев.

Чтобы иметь представление о том, как часто в холодное полугодие повторяется штормовая погода в районах Северного и Среднего Каспия восточных и юго-восточных направлений, был подвергнут анализу архивный материал наблюдений за предыдущие 23 года (1930–1952 гг.). Из 105 случаев сильных и штормовых юго-восточных ветров на каждый месяц зимы приходится в среднем один шторм в два года, на осень – 2 случая в три года и на весну – один случай в год. Таким образом, юго-восточные сильные ветры в районах Северного Каспия чаще всего наблюдаются весной. Следует заметить, что за последние годы этого периода отмечен лишь один случай, когда интенсивность штормовой деятельности достигла 12 баллов. Этот случай шторма имел место 11–13 ноября 1952 г. Как мы увидим ниже, штормовая деятельность в эти дни охватила все районы Среднего и Северного Каспия.

Развитие синоптических процессов, приводящих к наиболее интенсивной штормовой деятельности в районах Северного Каспия, характеризуется прежде всего совместным взаимодействием усиливающихся и достаточно мощных антициклональных образований, перемещающихся на районы Казахстана и Средней Азии по ультраполярной оси, с одной стороны, и достаточно ярко выраженной циклонической деятельностью над районами юго-западной части европейской территории СССР, Черного моря и Северного Кавказа – с другой. Чем интенсивнее происходит усиление антициклонов и углубление циклонов, тем ярче выражена штормовая деятельность в промежуточной зоне между ними. Продолжительность штормовой деятельности в районах Северного Каспия находится в прямой зависимости от характера протекающих синоптических процессов над южными широтами. Чем быстрее протекают синоптические процессы, тем меньше продолжительность штормовой деятельности в районах Среднего и Северного Каспия.

Штормовые ветры 10–13 ноября 1952 г. наблюдались над большей частью Каспийского моря. Лишь в крайних южных районах моря в это время преобладали слабые и умеренные ветры преимущественно восточных и юго-восточных направлений. На многих береговых, островных и судовых гидрометеостанциях отмечались скорости ветра самой большой продолжительности, наблюдавшиеся за 43 года впервые. В период наиболее интенсивной штормовой деятельности, с 00 ч 12 ноября и до 7 ч 13 ноября, на всех станциях северо-западной части Каспия наблюдались ветры силой 9 баллов и более. Зарегистрированная скорость ветра на метеостанциях к 13 ч 12 ноября достигала 26–28 м/с. Однако максимальную скорость ветра на пике шторма зафиксировать не представлялось возможным, поскольку в это время на ст. о. Тюлений вышел из строя флюгер с тяжелой доской (доска была сорвана ветром). По судовым же наблюдениям максимальная скорость ветра в этот период достигала 43 м/с! Анализ составленных карт положения уровневой поверхности моря с 6 по 9 ноября позволил составить сводную таблицу интенсивности подъема уровня в период нагона (табл. 2).

Таблица 2. Суточные величины подъема уровня (см) по пунктам Северного и Среднего Каспия

Пункт	Ноябрь 1952 г. (даты)				
	8–9	**9–10**	**10–11**	**11–12**	**12–13**
о. Жесткий	+33	+27	+43	+46	–43
о. Чистая Банка	+41	+21	+60	–	–
о. Искусственный	+6	+5	+60	–	–
о. Тюлений	+38	+19	+59	+121	–
п. Брянская коса	+49	+27	+76	+178	–62
о. Чечень	+47	+7	+33	–	–
п. Махачкала	+24	+1	+12	+16	+22
п. Дербент	+5	+8	+3	+12	–10
о. Артем	–1	+2	+5	+14	+13

Примечание. Прочерк означает отсутствие сведений.

Таким образом, с 6 по 12 ноября вдоль побережья от Жамбая на севере до Дербента на западе моря наблюдалось продолжительное и интенсивное повышение уровня воды, обусловившее наводнение с катастрофическими последствиями. При этом наибольший подъем уровня воды достигал в северо-западной части моря от Каспийска до Брянской косы. По засечкам, сделанным начальником АМСГ Каспийск, подъем уровня воды в Каспийске составил 4,6–5,0 м. В районе Брянской косы максимум уровня произошел 12 ноября между 16 и 18 ч и имел абсолютную отметку минус 24,68 м, что составило 3,4 м по отношению к предшествующему нагону стоянию уровня моря (6 ноября) и 2,93 м относительно среднего уровня предшествующего месяца (октябрь) этого года. Подъем уровня воды происходил с большой скоростью. Наибольшая интенсивность подъема в районе Брянской косы составила 20 см/ч. На о. Тюлений подъем уровня составил 3,04 м над уровнем

6 ноября и 2,54 м над среднемесячным уровнем октября; на о. Жесткий уровень повысился на 1,65 м относительно предыдущего (6 ноября) и на 1,36 м относительно среднего октябрьского уровня. Вдоль западного побережья Среднего Каспия максимум уровня наблюдался 13 ноября. За период нагона уровень воды в районе Главного Сулака, по сообщению начальника станции, повысился на 1–1,2 м. Подъем уровня воды в Махачкале составил 80 см над предшествующим нагону и 50 см – над среднеоктябрьским. В Дербенте подъем уровня не превысил 28 см над предшествующим нагону стоянием уровня и 23 см – над средним за октябрь.

Выводы. Попытки прогнозировать подобные катастрофические штормовые нагоны предпринимались и раньше. В статье С.И. Кан «Метод краткосрочного прогноза уровня северной части Каспийского моря» установлены эмпирические зависимости уровня моря от скорости нагонных и сгонных ветров и величины барического градиента давления. Эти зависимости не отличались строгой линейностью, и в координатной системе уровень – скорость ветра и уровень – градиент давления обнаруживался более или менее большой разброс точек [Кан, 1948]. Прежде всего следует отметить, что уровень моря «отстает» от барического градиента в своем развитии. В частности, уровень в районе Брянской косы достиг максимума в 13 ч 12 ноября, тогда как максимальная величина ΔP была в 7 ч, в данном случае «отставание» составило около 6 ч. Наличие такой зависимости указывает на то, что влияние барического поля на уровень сказалось лишь спустя несколько часов. Аналогичная картина асинхронной зависимости между уровнем моря и интенсивностью барического поля над районами Северного Каспия наблюдается во всех случаях бурно протекающей штормовой деятельности, хотя и по-разному проявляется. Это находится, очевидно, в прямой зависимости от характера синоптических процессов. Чем интенсивнее протекает перестройка барического поля, тем резче будет выражен разброс точек в координатной сетке уровень моря – градиент давления.

Заключение. Это «запаздывание» подъема уровня относительно градиента давления впоследствии было использовано в качестве предиктора, дающего возможность прогнозировать подобные катастрофические штормовые нагоны с достаточной для практических целей заблаговременностью и оправдываемостью, по разработанному А.Л. Мазун методу краткосрочного прогноза сгонно-нагонных явлений в северо-западной части Каспия [Бухарицин, 1983].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухарицин П.И. Опасные гидрологические явления на Северном Каспии // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. № 4. С. 444–452.

2. Бухарицин П.И., Мазун А.Л. Зимние штормовые нагоны на Северном Каспии // Гидрология южных морей (Каспийское море): межвед. сб. / под ред. П.И. Бухарицина. Астрахань, 2007. Вып. 3–4. С. 217–226.

3. Бухарицин П.И. Гидрометеорологическое обеспечение морских отраслей народного хозяйства на Северном Каспии и Нижней Волге. Брошюра ВДНХ. М., 1983. 5 с.

4. Кошинский С.Д., Рыжкова Л.М. Условия наводнения в северо-западной части Каспия 10–13 ноября 1952 года // Труды Западно-Сибирского регионального научно-исследовательского института. Вып. 50. Морская метеорология. Ветровой и температурный режим шельфовых зон морей Советского Союза. М.: Гидрометеоиздат, 1981. С. 63–74.

5. Кан С.И. Метод краткосрочного прогноза уровня северной части Каспийского моря // Труды ЦИП. 1948. Вып. 3 (30). С. 3–50.

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОД СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

А.В. Вареник, С.К. Коновалов
Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
alla_chaykina@mail.ru; director@mhi-ras.ru

Прибрежные районы Черного моря наиболее подвержены антропогенному воздействию, которое включает в себя в том числе и повышенное поступление биогенных элементов. В умеренных количествах биогенные элементы, поступающие в эстуарии и прибрежные моря, могут считаться полезными. Они приводят к увеличению

производства фитопланктона, что в свою очередь может привести к увеличению производства рыбы и моллюсков [Hansson et al., 1990; Rosenberg et al., 1990]. Однако избыток биогенных элементов может иметь и разрушающее влияние на морскую среду, что приводит к таким эффектам, как эвтрофикация, гипоксия и аноксия, «цветение» водорослей, гибель морских водорослей и кораллов, а также сокращение популяции рыб и моллюсков.

Основными питательными веществами, вызывающими эвтрофикацию, являются азот и фосфор. Кремний имеет важное значение для роста диатомовых водорослей. Известно, что деятельность человека привела к резкому снижению содержания кремния в Черном море [Humborg et al., 1997], тогда как процесс антропогенного увеличения кремния в морских системах неизвестен. В работе [Officer and Ryther, 1980] приводились аргументы в пользу важности кремния в качестве питательного вещества для изменения в целом желательной популяции фитопланктона диатомовых водорослей на часто нежелательную популяцию фитопланктона жгутиковых водорослей и последующего эффекта эвтрофикации.

Основным источником азота для прибрежных вод являются бытовые и сельскохозяйственные стоки, поступающие в море непосредственно со сточными водами или с водами рек. Другим важным источником являются атмосферные выпадения, в которые соединения азота попадают в результате испарения аммиака в животноводстве и сжигания ископаемого топлива в двигателях автомобилей, промышленности и домашних хозяйствах [Ærtebjerg et al., 2001]. Для фосфора основными источниками являются обработанные и необработанные сбросы в море из домашних хозяйств и промышленности, а также эрозия почв [Ærtebjerg et al., 2001].

Для изучения влияния атмосферных выпадений неорганического азота, фосфора и кремния на биогеохимические характеристики поверхностного слоя моря в районе отбора проб атмосферных осадков в г. Севастополе на берегу Севастопольской бухты отбирались пробы морской воды сразу после выпадения осадков, а затем в последующие 4–5 дней (или больше, до установления сухого периода) с суточным интервалом.

После выпадения атмосферных осадков концентрация биогенных элементов в бухте значительно превышала среднее значение для участка поверхностного слоя Севастопольской бухты, в районе которой отбирались осадки. К примеру, максимальная концентрация неорганического азота в поверхностном слое после выпадения осадков превышала фоновое значение в летний период в 16 раз, в зимний – в 4,5 раза. Для фосфора такое соотношение составило 5,5 и 32 раза, для кремния – 3,8 и 6,6 раз соответственно.

В течение последующих 4–5 дней после выпадения осадков концентрация рассматриваемых биогенных элементов в поверхностном слое бухты снижалась до фоновой величины. Однако в случае повторяющихся осадков после начального снижения содержания биогенных элементов в поверхностном слое бухты концентрация опять возрастала, а затем снижалась.

Наиболее четко подобная зависимость просматривалась для неорганического азота в теплый период года (рис. 1), когда запас биогенных элементов для развития фитопланктона в поверхностном слое бухты невелик, а стратификация ограничивает возможность вертикального перемешивания вод.

Так же как и для неорганического азота, после выпадения атмосферных осадков в этот или на следующий день наблюдалось увеличение концентрации неорганического фосфора и кремния в поверхностном слое бухты. При этом концентрация кремния в морской воде постоянно превышала фоновое значение для данной точки (2,25 мкмоль/л), содержание фосфатов только 28 июня и 3 июля было меньше фоновой величины (0,06 мкмоль/л).

Через несколько дней содержание биогенных элементов уменьшалось, однако как для фосфора, так и для кремния наблюдался рост концентрации 4 июля. Это может быть объяснено адвективным переносом загрязненных вод в район наблюдений.

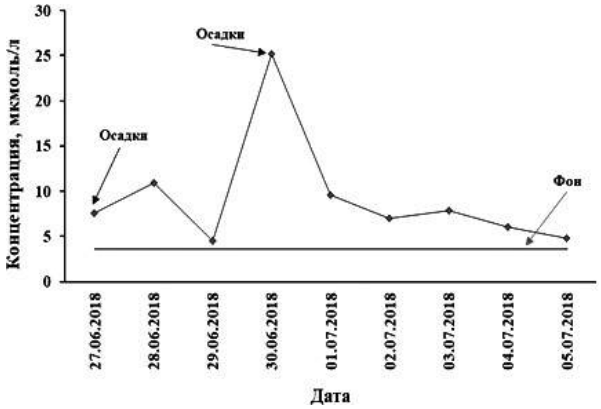


Рис. 1. Изменение содержания неорганического азота в поверхностном слое Севастопольской бухты после выпадения осадков летом 2018 г.

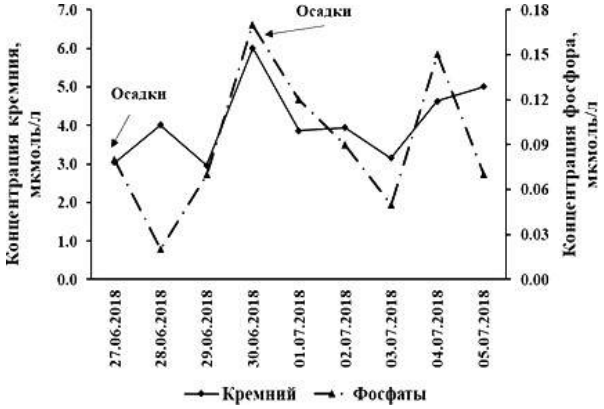


Рис. 2. Изменение содержания кремния и неорганического фосфора в поверхностном слое Севастопольской бухты после выпадения осадков летом 2018 г

В осенне-зимний период влияние осадков и тенденция к снижению концентрации азота с течением времени после выпадения осадков не столь значительны (рис. 3). В холодное время года стратификация отсутствует, происходит более интенсивный вертикальный обмен с придонными слоями бухты, что обеспечивает поступление биогенных элементов в поверхностный слой. Поэтому значимого снижения концентрации неорганического азота в поверхностном слое по прошествии нескольких дней после выпадения осадков не наблюдается. Наоборот, содержание его может даже увеличиваться в случае ветрового волнения и перемешивания вод бухты.

Влияние атмосферных осадков на изменение концентрации кремния и фосфатов в поверхностном слое бухты в холодный период года также было незначительным (рис. 4). На следующий день после выпадения осадков 28 ноября наблюдалось некоторое увеличение содержания неорганического фосфора в море, в то время как концентрация силикатов, наоборот, снижалась. После осадков 30 ноября наблюдалась обратная ситуация – рост концентрации кремния и снижение концентрации фосфора.

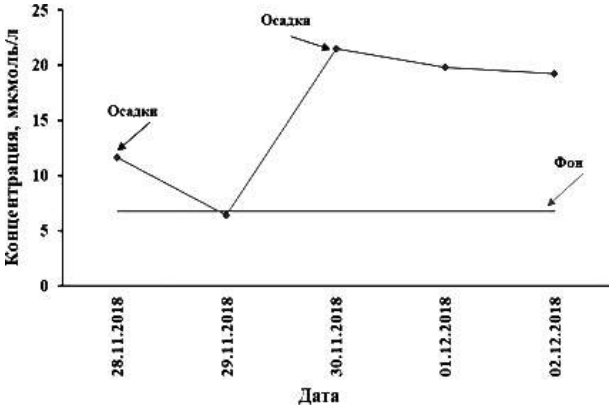


Рис. 3. Изменение содержания неорганического азота в поверхностном слое Севастопольской бухты после выпадения осадков зимой 2018 г.

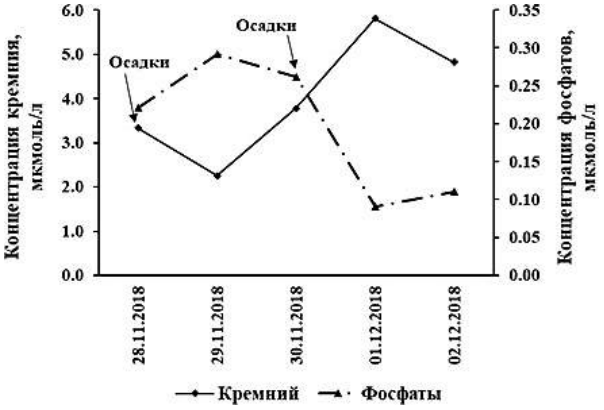


Рис. 4. Изменение содержания кремния и неорганического фосфора в поверхностном слое Севастопольской бухты после выпадения осадков зимой 2018 г.

При этом концентрация фосфатов в поверхностном слое вод бухты превышала фоновое значение (0,08 мкмоль/л) на протяжении всего времени наблюдения (28.11.2018–02.12.2018), содержание кремния превысило фоновое (3,8 мкмоль/л) только после выпадения осадков 30.11.2018. Концентрации биогенных элементов в атмосферных осадках в этот день не превышали средневзвешенную, поэтому такое изменение содержания азота, фосфора и кремния в поверхностном слое бухты можно, вероятно, объяснить как интенсивным вертикальным перемешиванием, так и деятельностью фитопланктона.

В целом из полученных данных можно сделать вывод о влиянии атмосферных осадков как источника поступления биогенных элементов на изменение содержания неорганического азота, фосфора и кремния в поверхностном слое морских вод прибрежных районов. Особенно существенным это влияние может быть в летний период, когда сезонная стратификация препятствует вертикальному перемешиванию вод, а фоновое содержание биогенных элементов в верхнем слое вод минимально.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГБУН МГИ РАН № 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» («Опасные явления»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hansson S., Larsson U., Johansson S. Selective predation by herring and mysids, and zooplankton community structure in a Baltic Sea coastal area // J. Plankton Res. 1990. 12 (5). P. 1099–1116.

2. Humborg C., Ittekkot V., Cociasu A., Bodungen B.V. Effect of Danube river dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure // Nature. 1997. Vol. 386. P. 385–388.

3. Officer C.B., Ryther J.H. The Possible Importance of Silicon in Marine Eutrophication // Marine Ecology Progress Series. 1980. Vol. 3. P. 83–91.

4. Rosenberg A.A., Kirkwood G.P., Crombie J.A. and Beddington J.R. The assessment of stocks of annual squid species // Fish. Res. 1990. 8. P. 335–350.

5. Ærtebjerg G. et al. Eutrophication in Europe's Coastal Waters // Topic Report. No 7/2001. European Environment Agency.

ОПАСНЫЕ (СГОННО-НАГОННЫЕ) ЯВЛЕНИЯ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ДОН

И.А. Вишневская, Л.П. Остроумова
Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, г. Москва
lostroumova@mail.ru, goin@bk.ru

Устьевая область р. Дон относится к типу бесприливной устьевой области с многорукавной дельтой и отмелым полузакрытым устьевым взморьем [Михайлов, 1997]. Она включает в себя устьевой участок реки – от станицы Раздорской до морского края дельты (МКД), саму дельту площадью 538 км^2 и устьевое взморье – Таганрогский залив, средняя глубина которого составляет около 5 м, площадь 5240 км^2, объем воды 24,6 км^3. Верхней границей современной устьевой области р. Дон является створ у станицы Раздорской (151 км от МКД), дальше которого нагонные колебания уровня моря не распространяются, нижней (морской) границей – линия, соединяющая косы Белосарайская и Долгая в Таганрогском заливе. Площадь устьевой области около 6000 км^2, протяженность около 300 км, из которых 140 км Таганрогский залив. Протяженность МКД около 55 км. Дельта Дона представляет собой аккумулятивное образование треугольной формы, с многочисленными водотоками (рис. 1).

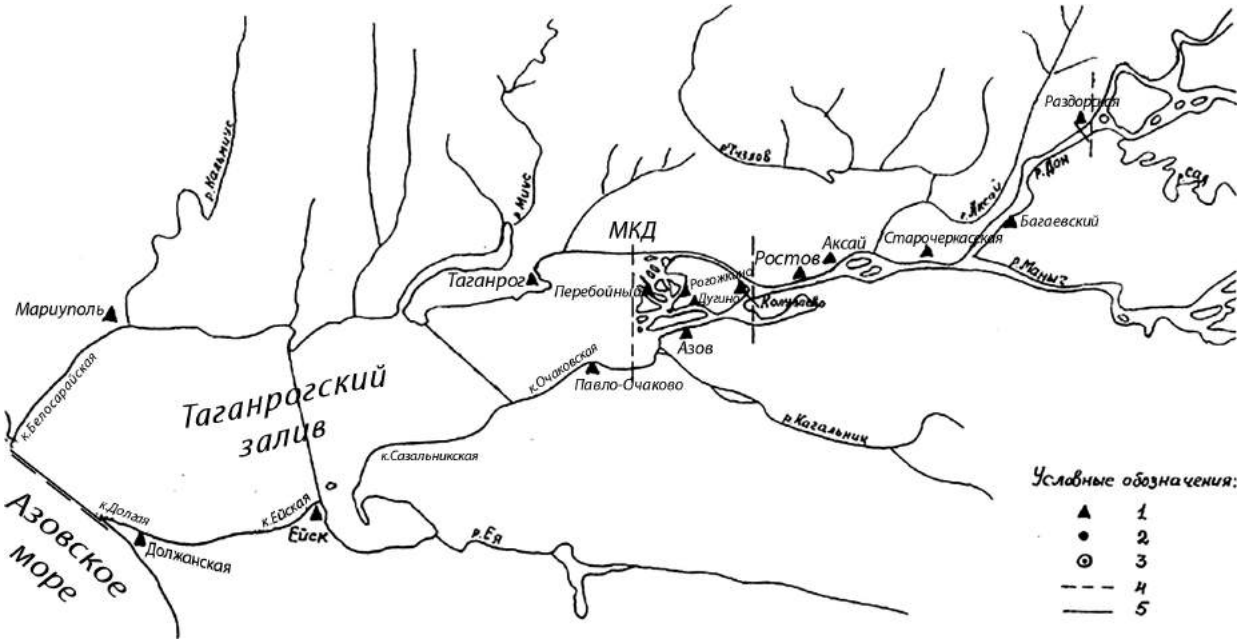


Рис. 1. Схема устьевой области р. Дон
1 – пункты стационарных наблюдений; 2 – границы районов устьевой области;
3 – границы районов Таганрогского залива

Обычно выделяют два основных вида колебаний уровня Азовского моря: объемные (многолетние, сезонные) и кратковременные (сгонно-нагонные, сейшевые). Сгоны и нагоны, формирующиеся в Таганрогском заливе Азовского моря, наблюдаются на береговых морских гидрологических постах (МГП) г. Таганрог и Очаковская коса (они характеризуют устьевое взморье р. Дон) и на МГП г. Ейск и Должанская, расположенных ближе к морской границе устьевой области. На устьевом взморье и устьевом участке реки формируется сложная структура потока [Михайлов, 1971; Михайлов, 1997]: наблюдается двухслойная стратификация и циркуляция вод. Менее плотные опресненные воды из реки распространяются в поверхностных слоях по направлению к приемному водоему, навстречу им в придонных слоях двигаются более плотные осолоненные воды. Воздействие длинных волн паводков, попусков, сгонов и нагонов существенно усложняет и без того сложные закономерности гидравлического сопряжения потока и приемного водоема [Полонский и др., 92]. Длинные волны в устьях рек при неустановившемся движении воды могут быть классифицированы как прямые, движущиеся в сторону водоема, и обратные – от водоема. Прямые положительные волны – это подъем половодья, паводка, попуска, прямые отрицательные волны – это спад половодья, паводка, попуска. Обратные положительные волны связаны с повышением уровня воды при нагоне, восстановлении уровня

воды при сгоне, обратные отрицательные – с понижением уровня при разрушении нагона, при сгоне. При этом на устьевом участке реки движение обратных волн может сопровождаться возникновением обратных течений (поворотом течений у дна). Двигающиеся по направлению от приемного водоема вверх по реке сгонно-нагонные волны проникают в водотоки дельты, на устьевой участок реки Дон на разные расстояния в зависимости от сопротивления, которое оказывают им прямые положительные волны попуска при разном стоке воды.

Средний объем годового стока воды в створе станицы Раздорская за период 1881–1951 гг. составил 27,5 км^3, а за период 1952–2014 гг. – 21,1 км^3. Причем при наступившем маловодье после 2007 г. объем годового стока уменьшился до 16,4 км^3, а внутригодовое распределение стока воды по месяцам практически выровнялось. Тенденции изменения годового стока воды под влиянием хозяйственной деятельности и изменения климата представлены на рисунке 2а, а внутригодовые изменения стока – на рисунке 2б. При проведении исследований использовалась электронная база многолетних данных (БД) по основным характеристикам гидрологического режима в устьевой области р. Дон. Кроме того, учитывалась БД средних, максимальных и минимальных уровней воды за месячные интервалы времени на гидрологических постах в Таганрогском заливе с начала наблюдений по 2016 г.

Главными причинами нагонов и сгонов являются сильные ветры и аномалии атмосферного давления, вызывающие возмущение поверхности уровня моря. Наиболее опасные нагоны развиваются на мелководье Таганрогского залива [Остроумова, Полонский, 2000]. Опасные подъемы или понижения уровня воды на устьевом участке р. Дон определяет взаимодействие нагонных, сгонных и «стоковых уровней» воды [Полонский, Остроумова, 2002]. Повторяемость сгонно-нагонных колебаний уровня определяется повторяемостью господствующих здесь ветров северо-восточной и юго-западной четвертей, направление которых совпадает с направлением оси залива.

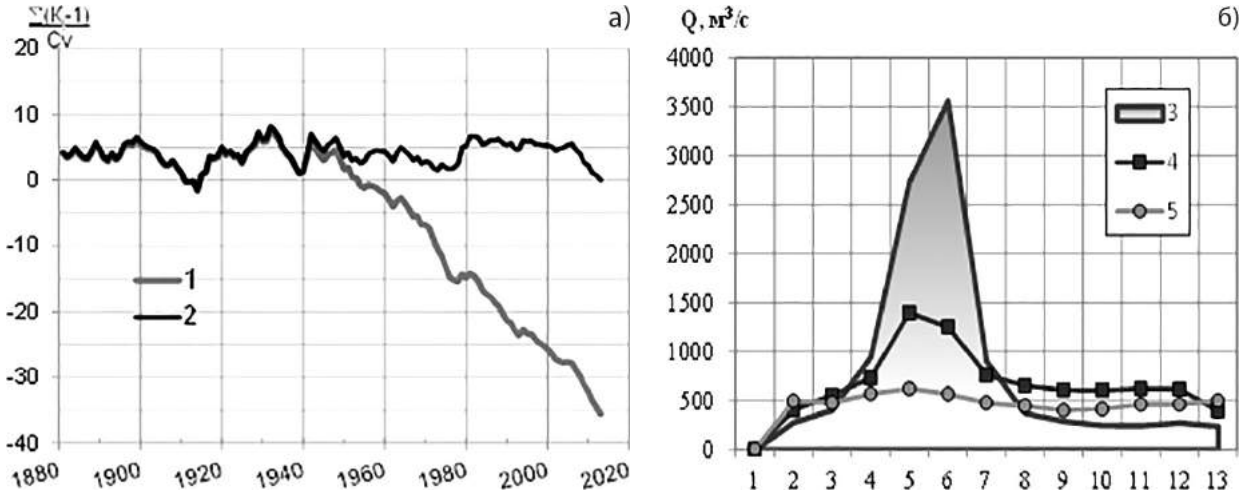


Рис. 2. Изменения стока воды в вершине устьевой области р. Дон под влиянием хозяйственной деятельности и изменения климата: разностно-интегральная кривая годового стока воды (а); внутригодовой сток воды до и после строительства Цимлянского гидроузла с водохранилищем многолетнего регулирования (б). K_i – модульный коэффициент, равный отношению стока воды за i-й год (восстановленного или наблюденного) к среднему за период восстановленному стоку; Cv – коэффициент вариации восстановленного естественного годового стока. 1 – фактический сток; 2 – восстановленный сток; 3–1881–1951 гг.; 4–1952–1981 гг.; 5–2008–2016 гг.

Максимальные в году величины нагонов (ΔНН) и сгонов (ΔНС) оценивались с использованием базы данных месячных максимальных, минимальных и средних уровней воды за многолетний период на МГП в Таганрогском заливе. Для проведения статистического анализа распределения максимальных в году величин сгонов и нагонов в Таганрогском заливе был выбран период 1952–2015 гг., начало которого связано с введением в строй Цимлянского гидроузла и водохранилища многолетнего регулирования, при этом кардинально изменилась величина стока воды в вершине устьевой области р. Дон (рис. 3).

При исследовании закономерностей проникновения сгонно-нагонной волны на устьевой участок реки могут быть использованы такие характеристики, как коэффициенты нагона ($К_н$), сгона ($К_с$) и интенсивность их затухания ($И_з$). Уменьшение $К_с$ и $К_н$ с увеличением расстояния от г. Таганрога до ст. Раздорской показывает, как трансформируется на устьевом участке реки сформированный в Таганрогском заливе нагон (сгон) (рис. 4).

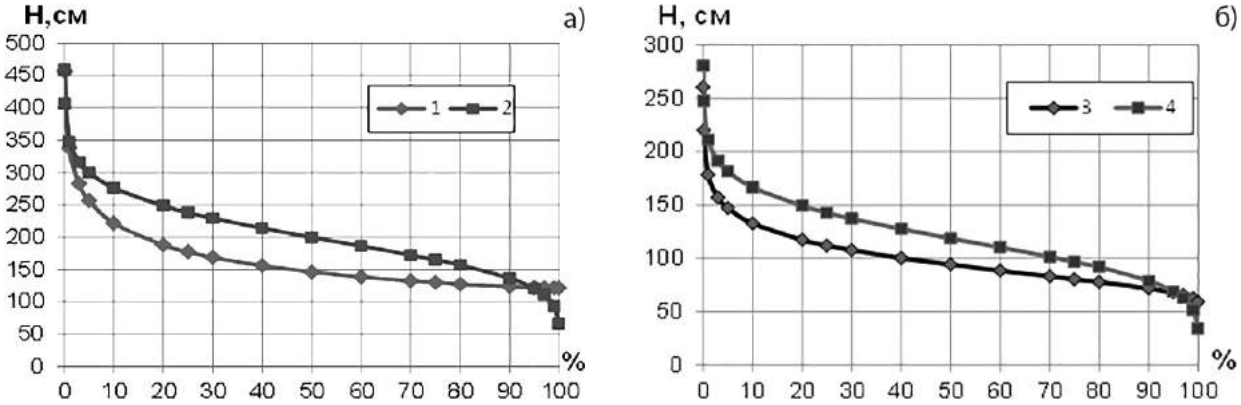


Рис. 3. Кривые обеспеченности максимальных в году нагонов и сгонов на устьевом взморье р. Дон – ГП г. Таганрог (а) и ГП г. Ейск (б) за период 1952–2016 гг.
1 – нагон на ГП г. Таганрог; 2 – сгон на ГП г. Таганрог; 3 – нагон на ГП г. Ейск; 4 – сгон на ГП г. Ейск

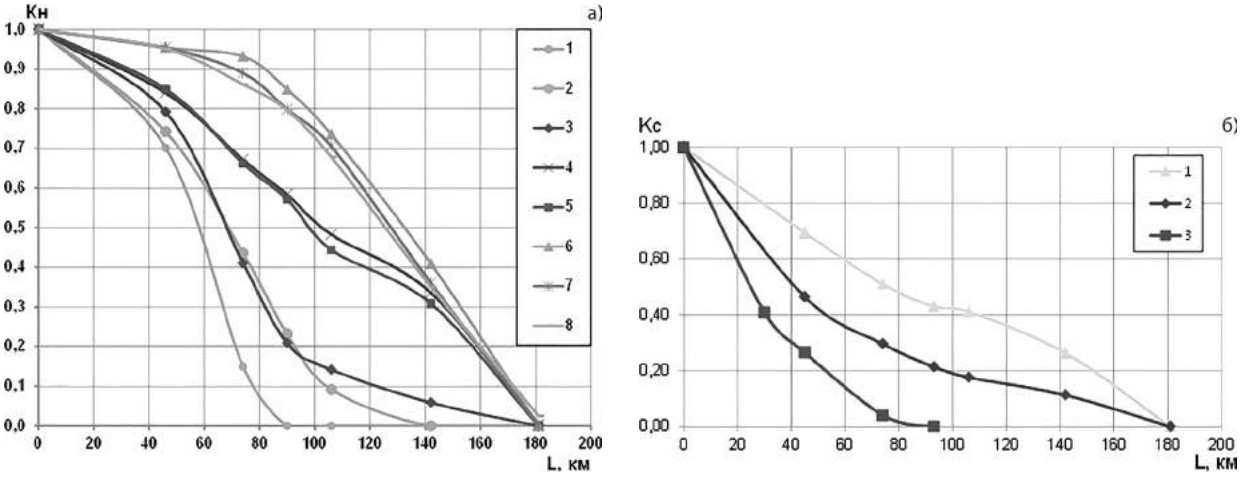


Рис. 4. Изменение коэффициентов нагона $К_н$ (а) и сгона $К_с$ (б) по длине устьевого участка р. Дон от г. Таганрог до ст. Раздорская при различных расходах воды ($Q_о$, м³/с):
а) 1 – $Q_о$ = 3500, ΔН = 67 см (27.05.1963); 2 – $Q_о$ = 2290, ΔН = 186 см (21.04.1981); 3 – $Q_о$ = 1220, ΔН = 133 см (22.05.1996); 4 – $Q_о$ = 806, ΔН = 307 см (12.04.1997); 5 – $Q_о$ = 700, ΔН = 133 см (16.09.1996); 6 – 628, ΔН = 132 см (24.04.2008); 7 – 498, ΔН = 193 см (02.10.2010);
б) 1 – $Q_о$ = 400, ΔН = 180 (17.10.2011); 2 – $Q_о$ = 800, ΔН = 335 (09.03–13.04.1965); 3 – $Q_о$ = 2400, ΔН = 245 (26.04.1964)

Аппроксимация зависимостей, представленных выше, осуществлена с помощью полиномов 2–3-й степени. Получены уравнения для расходов воды в интервалах 400–600 м³/с, 700–900 м³/с, 1200–2400 м³/с, 3000–3500 м³/с – при нагонах и для расходов в интервалах 400–600 м³/с, 700–900 м³/с, 1200–2400 м³/с – при сгонах. Расчет стоково-нагонных уровней предполагает оценку стокового уровня воды $Н_i$ на ГП устьевого участка реки плюс/минус добавочный уровень $ΔН_i$, который формируют нагоны и сгоны на ГП этого участка. Стоковый уровень воды на ГП устьевого участка можно оценить по зависимостям $Н_i = F(Q_0)$, где $Н_i$ – средние месячные значения уровня воды на ГП устьевого участка реки, Q_0 – средний месячный расход воды в вершине дельты на ГП ст. Раздорская.

Разработан метод расчета стоково-нагонных и стоково-сгонных уровней воды. Наиболее крупные нагоны величиной у МКД Дона 2,5–4 м, наиболее крупные сгоны 3–3,5 м вызывают неблагоприятные (НГЯ) или опасные (ОЯ) явления в водотоках дельты Дона. Если стоково-нагонный уровень воды поднимается выше критических отметок, это вызывает подтопление или затопление станиц, поселков, железных и шоссейных дорог, а при формировании стоково-сгонного уровня воды наблюдается падение уровня ниже критических отметок, опять возникает НГЯ или ОЯ, что неблагоприятно сказывается, например, на работе Азовского порта. Пример такого расчета приведен ниже на рисунке 5.

Спрогнозированные величины нагонов и сгонов можно получить с помощью гидродинамических моделей и метеорологического прогноза с заблаговременностью 3 суток. Пример тестовых расчетов катастрофического нагона в марте 2013 г. и сгона в июле 2015 г. по гидродинамической модели [Филиппов, 2015] показан на рисунке 6.

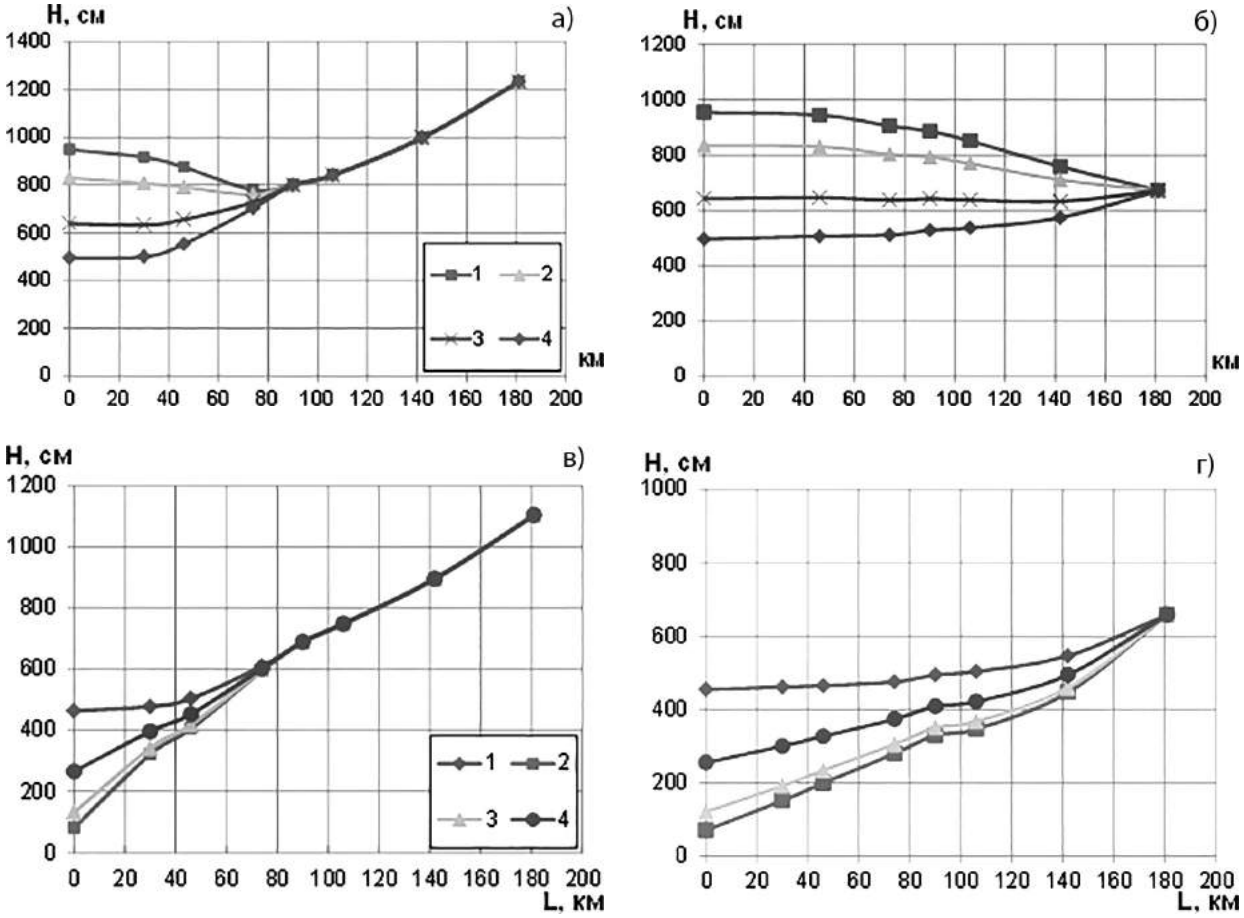


Рис. 5. Пример распределения стоково-нагонных уровней (Н, см) на устьевом участке при расходах воды (Q, м^3/с) в р. Дон Q = 3500 (а), Q = 480 (б) и стоково-сгонных уровней при Q = 2400 (в), Q = 450 (г) при величинах нагонов обеспеченностью 0,1 %, 1 %, 50 %.

а) и б): 1 – $H_{ст} + H_{н0,1}$; 2 – $H_{ст} + H_{н1}$; 3 – $H_{ст} + H_{н50}$; 4 – $H_{ст}$; в) и г): 1 – $H_{ст}$; 2 – $H_{ст} - H_{с0,1}$; 3 – $H_{ст} - H_{с1}$; 4 – $H_{ст} - H_{с50}$

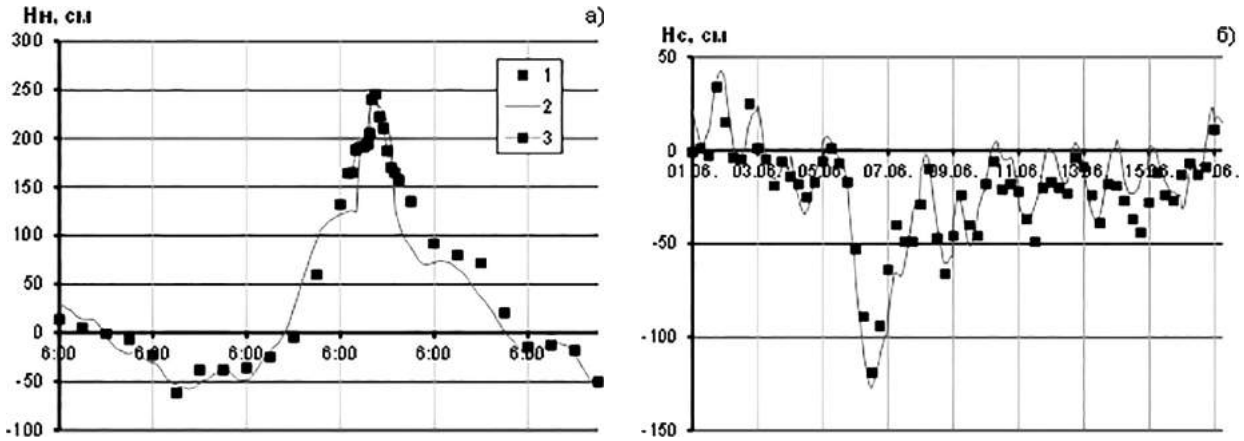


Рис. 6. Тестовые расчеты катастрофического нагона в марте 2013 г. (а) и сгона в июле 2015 г. (б) по гидродинамической модели после параметризации и калибровки в Таганрогском заливе – ГП Таганрог.

1 – измеренные уровни воды при нагоне в марте 2013 г.; 2 – рассчитанный уровень воды;
3 – измеренные ежечасные уровни воды

Схема проведения прогностических расчетов для принятия решений об объявлении ОЯ в устьевой области р. Дона: с помощью гидродинамической модели и метеорологического прогноза (заблаговременность 3 суток) получить максимальную величину нагона/сгона в Таганрогском заливе Азовского моря ГП Таганрог; осуществить трансформацию нагона/сгона по длине устьевого участка р. Дон с помощью разработанного метода; рассчитать стоково-нагонный уровень на ГП устьевого участка реки и сопоставить его с критическими отмет-

ками; оповестить с достаточной заблаговременностью для принятия решений заинтересованные организации и местные органы власти о прогнозе наступлении ОЯ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек. М.: ГЕОС, 1997. 176 с.

2. Михайлов В.Н. Динамика потока и русла в неприливных устьях рек. М.: Гидрометеоиздат, 1971. 258 с.

3. Остроумова Л.П., Полонский В.Ф. О высоте нагонов на устьевом взморье реки Урал // Метеорология и гидрология. 2000. № 9. С. 89–100.

4. Полонский В.Ф., Лупачев Ю.В. Скриптунов Н.А. Гидролого-морфологические процессы морских устьев рек и методы их расчета (прогноза). СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 384 с.

5. Полонский В.Ф., Остроумова Л.П. Вероятностные оценки уровня воды на устьевом участке р. Урал при взаимодействии ее стока и нагонов // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 5. С. 542–551.

6. Филиппов Ю.Г. О влиянии стока р. Дон на уровень воды в Таганрогском заливе // Метеорология и гидрология. 2015. № 2. М.: Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета». С. 78–82.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ ОПЕРАЦИЙ С ВИРТУАЛЬНЫМИ АКТИВАМИ

Н.Г. Вовченко, И.Н. Ефременко
Ростовский государственный экономический университет, г. Ростов-на-Дону
efremenko@yandex.ru

Процессы глобализации и цифровой трансформации общества формируют в глобальном пространстве трудно прогнозируемые ранее явления. Создание интернета вещей (промышленного интернета), искусственного интеллекта и блокчейн-технологии, ускоряющаяся капитализация виртуальных активов (криптовалют) послужили основой для появления инноваций, которые, с одной стороны, развивают возможности финансовой системы, а с другой – связаны с появлением новых вызовов и угроз.

В соответствии с рекомендациями Группы разработки финансовых мер борьбы с отмыванием денег (ФАТФ) (Financial Action Task Force on Money Laundering – FATF), «виртуальный актив – это цифровое выражение ценности, которое может цифровым образом обращаться или переводиться и может быть использовано для целей платежа или инвестиций» [1]. Эмиссия, или так называемый майнинг, виртуальных активов, в первую очередь цифровых криптовалют (таких как Bitcoin, Ethereum), связана с потреблением большого объема электроэнергии. На этапе появления криптовалют майнинг был возможен на обычном компьютере. Однако развитие рынка привело к необходимости применять ASIC-майнеры – специальные компьютеры, предназначенные исключительно для этих целей. Такой высокий уровень энергозатратности процесса создания криптовалют связан с необходимостью поддержания высокого уровня безопасности и целостности самой системы, применяющей технологию блокчейн (blockchain).

Исследователи всего мира озадачены вопросом прогнозирования последствий применения инновационной финансовой технологии для экологии мира. Развитие производства криптовалют привело к переходу данного бизнеса в страны с традиционно невысокой стоимостью электроэнергии. На международных конференциях ученые стали заявлять о возможности глобальной экономической угрозы от развития криптовалютной инновации.

Эту идею поддержала в своем докладе и глава Международного валютного фонда (МВФ) Кристин Лагард: «Пока климат подвергается необратимым изменениям, мы сидим и смотрим, как Китай сжигает уголь для производства электроэнергии, которая идет на майнинг биткоина. Ситуация требует коренных изменений» [2].

По данным агентства Bloomberg, приблизительное потребление электроэнергии на производство и операции с криптовалютами составляет 140 ТВт/ч, или около 1 % от мирового потребления электроэнергии.

Первая из криптовалют – биткойн (Bitcion) – на сегоднящний момент является самой энергозатратной. По данным экспертов, транзакция платежной системы Visa в 20 000 раз менее энергозатратна и составляет 0,01 кВт/ч. Для сравнения: затраты на транзакцию с криптовалютой Bitcoin составляют 200 кВт/ч, криптовалюты Ethereum – 37 кВт/ч. Приблизительные подсчеты экспертов, в частности Digiconomist, выдают цифру в 21,59 ТВт/ч на обслуживание и поддержание платформы Биткойна (рис. 1).

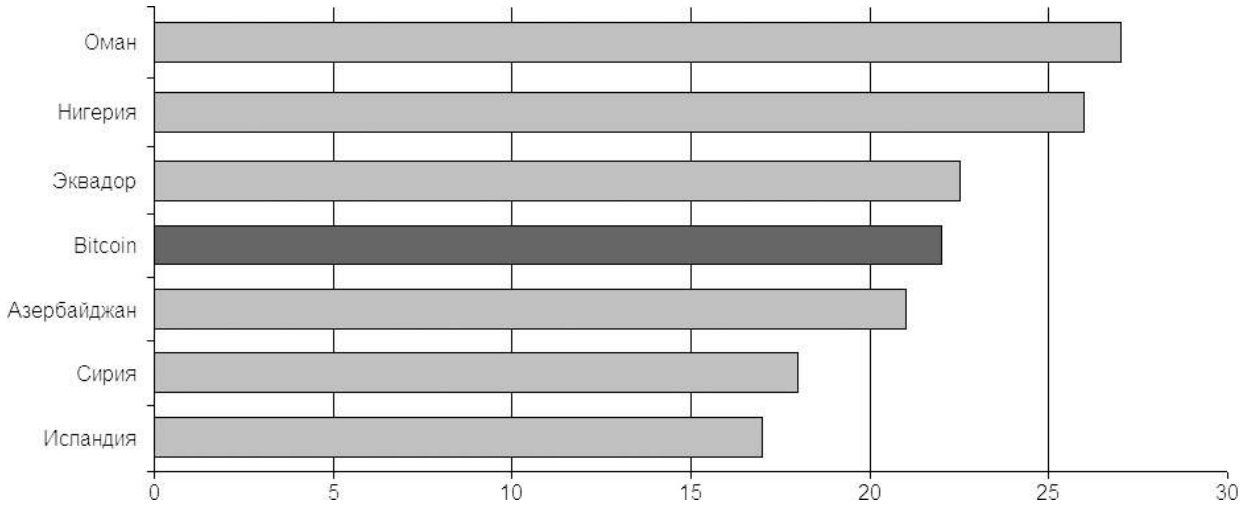


Рис. 1. Потребление электроэнергии на поддержание платформы Bitcoin в сравнении с другими странами, ТВт/ч в год

Вторая по популярности криптовалюта в мире – Ethereum, хотя и менее энергозатратна, но также пока требует достаточно много ресурсов для создания и поддержания платформы. По данным исследования агентства Digiconomist, на добычу криптовалюты Ethereum майнеры тратят больше электроэнергии, чем потребляет вся Камбоджа или Кипр, – около 4,2 ТВт/ч в год [3]. Создатели Ethereum работают над вопросом снижения энергозатратности проекта и анонсируют переход на более инновационную технологию уже в июне 2019 г., что как раз направлено на снижение потребления электроэнергии. Уже в настоящее время данный проект значительно превосходит проект Bitcoin по уровню энергопотребления: по данным аналитиков Digiconomist, на одну операцию с Bitcoin тратится энергии в 5 раз больше, чем на 1 американское домохозяйство в день, для Ethereum этот показатель составляет всего 1,57 раз.

Большая часть криптовалют производится в Китае. Правительством этой страны стали предприниматься меры по вытеснению майнеров по причине возможной экологической угрозы – именно из-за высокой энергозатратности процесса. Наибольшее количество электроэнергии в мире производят угольные элеткростанции, что также становится дополнительным аргументом для признания криптовалют «неэкологичным» финансовым инструментом.

Одним из выходов майнеры считают перенос производства криптовалют в страны с производством так называемой зеленой электроэнегии, например в Исландию, Испанию и т.п. Это привело к тому, что в 2018 г. потребление криптовалютных бирж в Исландии превысило потребление домохозяйств. Испания сформировала достаточно высокую налоговую нагрузку на производство солнечной энергии, что также снижает привлекательность производства в этой стране.

Еще одним последствием майнинга криптовалют с использованием высокомощных компьютеров является теплоотвод. Однако в данном направлении исследователями предлагаются варианты решения данной задачи: возможность использования тепла для обогрева, в том числе помещений в холодных регионах; встраивание в уже имеющуюся инфраструктуру производства и т.д. Однако в большинстве случаев тепло от работы вычислительной техники при производстве криптовалют не используется. Одной из идей, уже реализуемых криптофермерами, становится создание традиционных ферм вместе с криптовалютной фермой. В таком сочетании происходит полезное использование тепла из профицитной энергосистемы криптопроизводства.

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что финансовая инновация станет безопасной для экологии мира только в условиях изменения и модернизации самой технологии блокчейн. Достаточно перспективным видится в данном направлении применение инновационной технологии Casper, которая может заменить майнинг криптовалют в том виде, в котором он существует в настоящее время, и представляет из себя PoS-алгоритм. В PoS (от англ. proof of stake, дословно «подтверждение доли») создатель следующего блока определяется псевдослучайно, а вероятность того, что именно он будет выбран создателем блока, зависит от его благосостояния, или, другими словами, размера кошелька. Эта технология была предложена как альтернатива технологии PoW (от англ. proof of work – доказательство работы, консенсус Накомота, реализованной в проекте Bitcoin). Идея применения этой технологии заключается в том, что теперь каждому компьютеру сети не понадобится больше обрабатывать каждую транзакцию, но при этом сохранится безопасность, гарантируемая применением технологии блокчейн.

Подводя итоги исследования, можно сделать следующие выводы. Снижение энергозатратности – это одна из проблем, которую необходимо решать создателям криптовалют для стратегического развития этой финан-

совой инновации. Направлениями решения этой проблемы являются: применение возобновляемых источников энергии и применение «зеленой» энергии; изменение самой технологии майнинга и ее модернизация; использование выделяемого тепла при производстве криптовалют, что ограничивает ее выброс. Такой подход позволит снизить те экологические угрозы, которые несет в себе инновационная финансовая технология.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Заявление ФАТФ по виртуальным активам (размещено на официальном сайте ФАТФ по итогам Пленума 19.10.2018, неофициальный перевод). URL: http://www.fedsfm.ru/preparation-fatf-fourth-round/news/3508 (дата обращения: 07.05.2019).

2. Майнинг наносит удар по мировой энергетике. URL: https://bitfin.info/1166-majning-nanosit-udar-po-mirovoj-energetike (дата обращения: 12.05.2019).

3. Ethereum Energy Consumption Index (beta). URL: https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption (дата обращения: 12.05.2019).

НАБЛЮДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ ЗА ПЕРИОД 1961–2018 гг.

Е.В. Вышкваркова
Институт природно-технических систем, г. Севастополь
aveiro_7@mail.ru

Наблюдаемая в мире тенденция к потеплению особенно заметна с 70-х гг. XX столетия [IPCC, 2014]. В отличие от тенденций потепления, характерных для индексов экстремальных температур, большинство индексов экстремальных осадков показывают изменения, которые пространственно и временно (сезонно) не согласованы [Donat et al., 2013]. Во многих регионах мира обнаружены тенденции к росту частоты и интенсивности экстремальных осадков [Mathbout et al., 2018]. Данная работа направлена на исследование режима экстремальных осадков на побережье Черного и Азовского морей.

В работе использованы ежедневные суммы осадков с 12 гидрометеорологических станций, расположенных в прибрежной зоне Черного и Азовского морей за период 1961–2018 гг. Данные взяты с сайта ВНИИГМИ-МЦД (www.meteo.ru). Для оценки экстремальных событий использованы индексы экстремальных осадков, предложенные международной группой CCl/CLIVAR Expert Team for Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) (http://www.clivar.org/organization/etccdi). Перечень использованных в работе индексов приведен в таблице 1. Контроль качества и расчет индексов проведен с использованием программного обеспечения RClimDex [Zhang, Yang, 2004]. Эти индексы широко используются для анализа исторических, настоящих или будущих экстремальных явлений и оценке их сдвигов на локальном, региональном и глобальном масштабах [Aguilar et al., 2005; Bartolomeu et al., 2016]. Исследуемый период был разбит на два 30-летних периода (1961–1990 и 1991–2018 гг.) с целью выявления изменений режима экстремальных осадков. Коэффициенты годовых трендов и их статистическая значимость на 95 %-ном уровне значимости для климатических индексов рассчитаны на основе непараметрического критерия Манна – Кендалла.

Результаты анализа представлены на рисунках 1 и 2. Тренды среднегодового количества осадков имеют преимущественно положительный знак, однако они статистически не значимы для всего региона. Сравнение двух периодов показало увеличение количества годовых сумм осадков для региона в современный период (1991–2018) относительно периода 1961–1990 гг.

Продолжительность сухих периодов (индекс CDD) в современный климатический период относительно периода 1961–1990 гг. увеличилась практически для всего исследуемого региона. Преобладают положительные тренды индекса CDD за период 1961–2018 гг., а статистически значимый – для станции Приморско-Ахтарск. Максимальные значения индекса CWD характерны для Черноморского побережья Кавказа (более 8 дней/год). В период 1991–2018 гг. величины индекса выросли относительно климатической нормы (1961–1990). За весь исследуемый период тренды обнаружены не были, за исключением западного побережья Крымского полуострова, где наблюдались статистически значимые положительные тренды влажных периодов.

Таблица 1. Индексы, использованные в работе

ID	Название	Определение	Ед. изм.
CDD	Consecutive dry days	Максимальное количество последовательных дней в году с осадками <1 мм	дни
CWD	Consecutive wet days	Максимальное количество последовательных дней в году с осадками >1 мм	дни
PRCPTOT	Сумма осадков за год	Годовое количество осадков	мм
R10 mm	Количество дней с сильными осадками	Количество дней в году с осадками >10 мм	дни
R20 mm	Количество дней с очень сильными осадками	Количество дней в году с осадками >20 мм	дни
Rx1day	Максимальное количество осадков за 1 день	Годовое максимальное количество осадков за 1 день	мм
Rx5day	Максимальное количество осадков за 5 дней	Годовой максимум осадков за 5 последовательных дней	мм
SDII	Простой индекс интенсивности осадков (Simple daily intensity index)	Отношение годового количества осадков к числу дней с осадками >1 мм	мм/день

Индексы абсолютных порогов (R10 и R20). Для этих индексов характерно отсутствие трендов на большей территории региона. Исключением является отрицательный тренд ($p < 0,05$) индексов в Евпатории и положительный тренд в Сочи. Наибольшее количество дней с осадками выше 10 и 20 мм характерно для Черноморского побережья Кавказа (52 и 26 дней соответственно), а наименьшее – для западного Крыма (8 и 2 дней). В современный климатический период (1991–2018 гг.) относительно климатической нормы наблюдается рост количества дней с осадками выше 10 и 20 мм на материковой части России и уменьшение в Крыму.

Индексы RX1day и RX5day. Для Крымского полуострова характерны отрицательные тренды однодневных максимумов, в то время как на побережье Азовского моря и Черноморском побережье Кавказа наблюдается рост величин индекса RX1day. Пространственное распределение трендов индекса RX5day носит неоднородный характер. Сравнение двух периодов показало уменьшение значений индексов одно- и пятидневных максимумов на побережьях Черного и Азовского морей.

Индекс интенсивности осадков (SDII). Значения интенсивности осадков варьируются от 5 мм/сутки (западный Крым) до 14 мм/сутки на Черноморском побережье Кавказа. Отрицательные тенденции интенсивности осадков характерны для Крымского полуострова, при этом статистически значимые величины обнаружены на западном побережье ($p < 0,05$). Положительные тренды выявлены в Таганроге и Ростове-на-Дону, а также на Черноморском побережье Кавказа. В современный климатический период обнаружено увеличение значений индексов на материковой части России и уменьшение в Крыму – относительно климатической нормы (1961–1990).

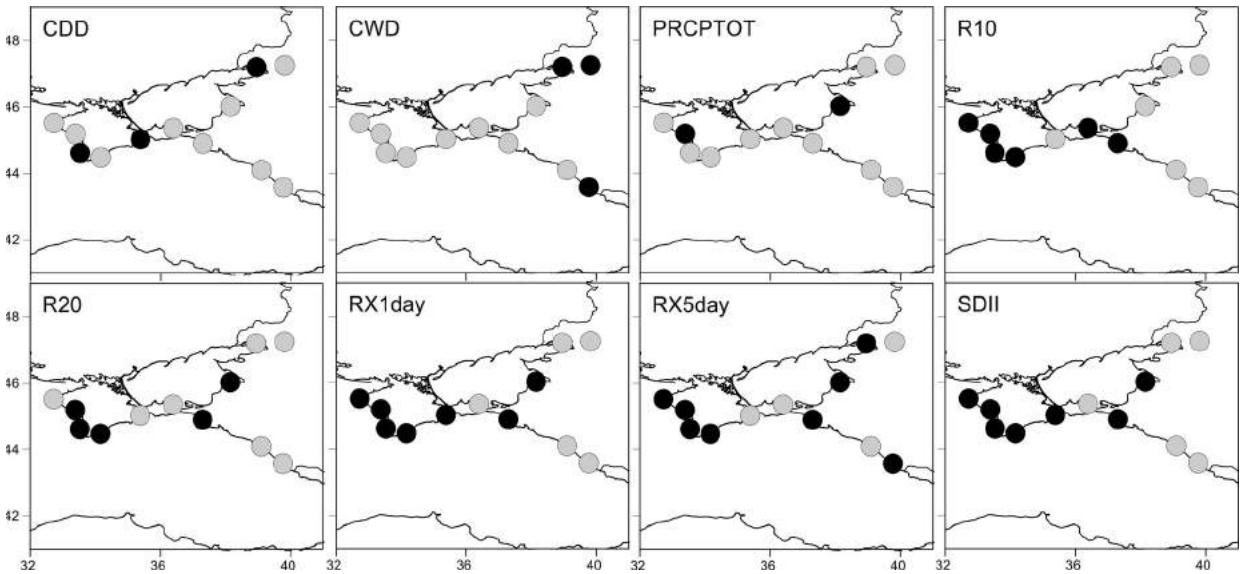


Рис. 1. Разность значений индексов между современным климатическим периодом (1991–2018) и климатической нормой (1961–1990). Черные круги – отрицательная разность, то есть уменьшение значений индексов в период 1991–2018 гг.; серые круги – положительная разность

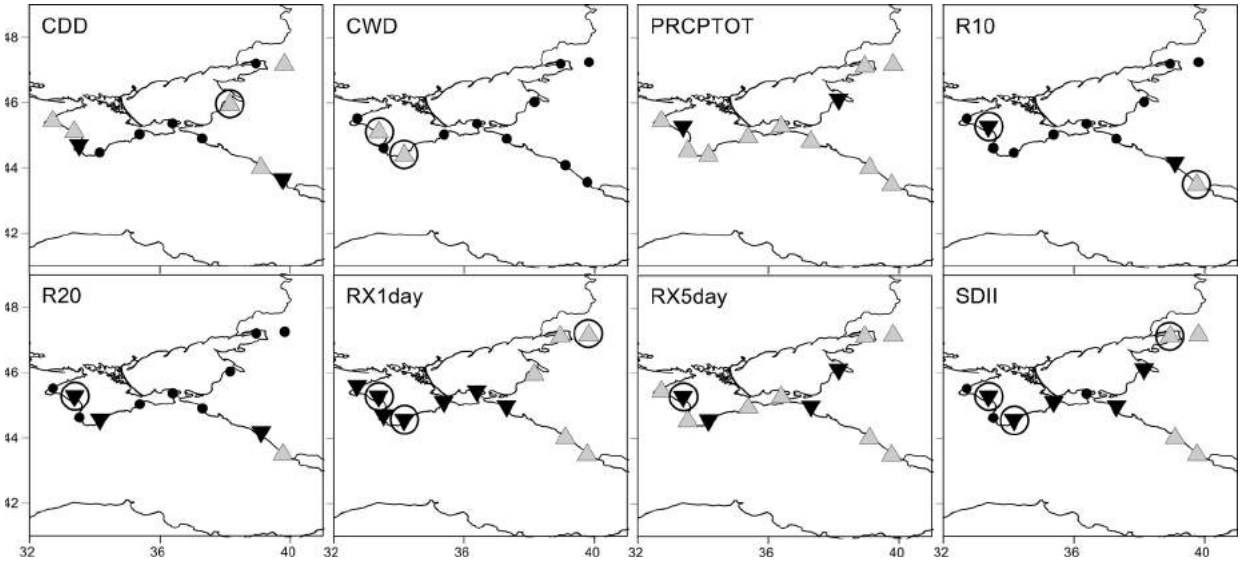


Рис. 2. Пространственное распределение трендов за период 1961–2018 гг. Серые треугольники – положительный тренд, черные перевернутые – отрицательный, черные круги – отсутствие тренда. Статистически значимые тренды (p <0,05) обведены кругом

Заключение. В работе проанализированы изменения параметров экстремальных осадков на побережьях Черного и Азовского морей за период 1961–2018 гг. Результаты показали статистически значимые тренды уменьшения частоты и интенсивности ряда индексов на западном побережье Крымского полуострова (индексы SDII, RX1day, R10 и R20), исключением является индекс CWD, характеризующий влажные периоды, который имеет тенденцию к росту.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00325.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aguilar E., Peterson T., Ramırez Obando P., Frutos R., Retana J., Solera M. et al. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003 // Journal of Geophysical Research. 2005. 110 (D23). P. 107.

2. Bartolomeu S., Carvalho M., Marta-Almeida M., Melo-Goncalves P., Rocha A. Recent trends of extreme precipitation indices in the Iberian Peninsula using observations and WRF model results // Physics and Chemistry of the Earth. 2016. 94. P. 10–21.

3. Donat M.G., Alexander L.V., Yang H., Durre I. et al. Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The Hadex2 Dataset // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2013. 118 (5). P. 2098–2118.

4. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K. & Meyer L.A. (Eds.)]. IPCC, Geneva.

5. Mathbout S., Lopez-Bustins J.A., Roye D., Martin-Vide J., Bech J., Rodrigo F.S. Observed changes in daily precipitation extremes at annual timescale over the Eastern Mediterranean during 1961–2012 // Pure Appl. Geophys. 2018. 175. P. 3875–3890.

6. Zhang X., Yang F. (2004) RClimDex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada, Downsview (Ontario, Canada). P. 22.

К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ИЗВЕРЖЕНИЙ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОМ ШЕЛЬФЕ

Е.А. Глазырин
АО «Южморгеология», г. Геленджик
eaglazyrin@mail.ru

С грязевым вулканизмом связан ряд опасных геологических процессов и явлений, рассмотренных в публикациях различных авторов [Шнюков и др., 2006; Миронюк, 2010; Глазырин, 2015, 2017; Aliev et al., 2000 и др.].

Прогноз извержений грязевых вулканов и оценка опасности грязевулканической деятельности в практике инженерно-геологических изысканий и проектирования инженерных сооружений, мониторинга состояния недр остаются проблемными в связи с отсутствием методической базы и регламентных документов. Данная проблема актуальна для Керченско-Таманского шельфа в связи со скрытым характером подводного грязевого вулканизма и интенсивным инженерным освоением: эксплуатацией Керченско-Таманского транспортного перехода, портовым строительством, освоением углеводородных ресурсов, рекреационным использованием. Ярким примером этого может служить подводный грязевой вулкан Тузла в Керченском проливе, заставивший выполнить перетрассировку и дополнительные инженерно-геологические изыскания при прокладке подводного газопровода Керченско-Таманского транспортного перехода.

Изучение подводного грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона наиболее активно началось с 2000-х гг. специалистами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», ныне АО «Южморгеология, при выполнении государственного мониторинга состояния недр, геологической съемки шельфа, инженерно-геологических изысканий. Применяются методы сейсмоакустического профилирования, гидролокации бокового обзора, эхолотирование, гидрогазогеохимическая съемка, оперативное обследование активизации, пробоотбор донных отложений и морской воды, лабораторный анализ проб на геохимические индикаторы грязевого вулканизма и газофлюидной разгрузки (полиароматические углеводороды, нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы). В результате получены сведения об идентификационных признаках подводных грязевых вулканов, их активности, морфологии, структуре, геохимическом поле, видах и параметрах опасного воздействия на инженерно-хозяйственные объекты [Глазырин, 2015, 2017].

Грязевые вулканы Керченско-Таманского шельфа представляют морскую часть Керченско-Таманской грязевулканической области. В отличие от сухопутных, они менее изучены, и здесь высока вероятность открытия новых подводных вулканов. Наиболее изученными подводными грязевыми вулканами региона служат Темрюкский, Голубицкий и Тузла (рис. 1).

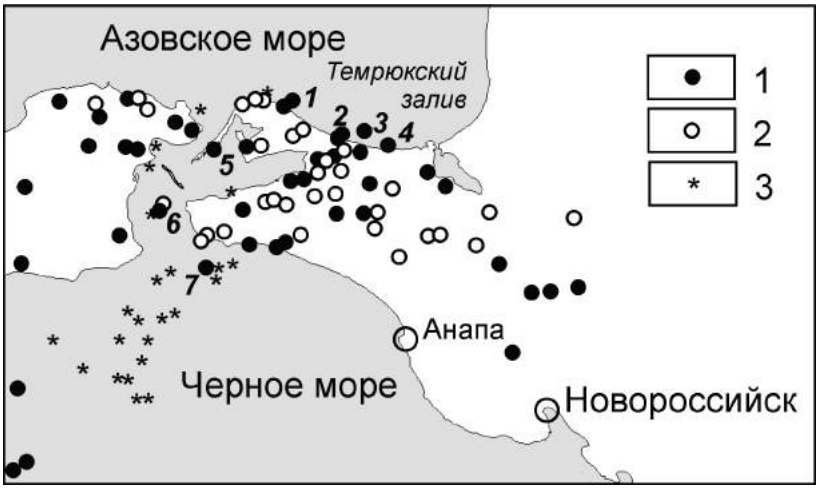


Рис. 1. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона.
1–3 – грязевые вулканы: 1 – действующие, 2 – потухшие, 3 – предполагаемые по геофизическим и геохимическим данным. Подводные грязевые вулканы: *1* – Пекло Азовское; *2* – Тиздар; *3* – Темрюкский; *4* – Голубицкий; *5* – Блевака; *6* – Тузла; *7* – банки Аксенова

С практической точки зрения задачей является прогноз места, времени, силы и опасности грязевулканической деятельности.

В отношении места прогноз грязевулканического извержения облегчается тем, что в большинстве случаев место будущего извержения в той или иной степени известно и определяется положением и активностью существующих вулканов или мест их возможного заложения. Все выявленные грязевые вулканы приурочены к замковым частям антиклинальных складок, осложненных разрывами и диапировыми брахиформами, в пределах которых происходит газофлюидная разгрузка.

В основе прогнозирования времени, силы и оценки опасности грязевулканической деятельности лежит изучение морфологии, структуры и исторической активности каждого грязевого вулкана в силу их индивидуальных особенностей. Таким образом, прогноз и оценка опасности подводной грязевулканической деятельности должны базироваться на результатах визуализации грязевулканических структур и материалах непрерывных наблюдений (режимных замеров численных показателей) на протяжении ряда лет. Такой уровень изученности подводных грязевых вулканов к настоящему времени не достигнут, так как требует проведения дорогостоящих морских методов. В настоящее время прогноз активности подводных грязевых вулканов базируется на информации, получаемой с дискретностью раз в год, что крайне недостаточно. Накоплен ряд наблюдений по единичным грязевым вулканам с 2005 г., при этом в 2008–2010 гг. наблюдения не проводились. Непрерывной количественной информации об активности даже по единичным вулканам нет.

Долгосрочный прогноз извержений основан на изучении истории развития вулканов, стадийности грязевулканического процесса, а также изучении связи извержений с космическими и общепланетарными явлениями [Хаин и др., 2008]. Долгосрочный прогноз носит статистический характер, и его точность не велика [Завьялов, 2010].

Физические основы краткосрочного прогноза грязевулканических извержений остаются не разработанными. В качестве некоторой аналогии могут быть приняты основы для краткосрочного прогнозирования собственно вулканических извержений. В соответствии с работой [Завьялов, 2010] физической основой для краткосрочного прогноза грязевулканических извержений может служить возрастание давления в грязевулканическом очаге (аномально высокого пластового давления) и выводном канале перед извержением. Установление закономерностей связи изменений параметров физических и геохимических полей вулкана с его деятельностью и непрерывные наблюдения за этими изменениями и составляют основу краткосрочного прогноза грязевулканической опасности.

Периодичность или непрерывность действия грязевых вулканов зависит от того, насколько перекрыт доступ глубинных флюидов к поверхности. При относительно свободной связи корней вулкана с поверхностью происходит спокойная и непрерывная поставка (разгрузка) материала из глубины [Лимонов, 2004]. Низкие дебиты или полное отсутствие деятельности грифонов, наряду с длительным периодом покоя вулканов, могут приводить к мощным извержениям [Бабаев, 2013].

К числу наиболее характерных явлений, предваряющих извержения, относятся деформации земной поверхности и изменения состава газофлюидной разгрузки. Но не все эти явления обязательно завершаются извержениями.

В развитии подавляющего большинства грязевых вулканов выделяют три стадии [Холодов, 2002]:

1) стадия формирования грязевулканического очага;
2) стадия извержения грязевого вулкана, в значительной степени отражающая состав и условия залегания грязевулканического очага;
3) стадия пассивной грифонно-сальзовой деятельности, видоизменяющая последствия извержения грязевого вулкана и подготавливающая следующее его извержение.

Сальзово-грифонный период развития грязевого вулкана, с одной стороны, можно рассматривать как завершение извержения, а с другой – как подготовку следующего катаклизма. В этот период на глубине, в области очага вулкана, регенерируется сверхвысокое флюидное давление [Холодов, 2002].

Пространственно-временные закономерности современных проявлений сейсмической и вулканической активности показывают, что периодичность извержений подчиняется гармонике с периодичностью Т 22 (±1) года, а также выявляются гармоники с Т~10–11 и с Т~8 лет. Циклы 22 и 11 лет связываются с периодичностью солнечной активности. Наблюдается некоторое запаздывание во времени циклов сейсмической и вулканической активности поясов сжатия Земли по отношению к солнечной активности. Время запаздывания варьирует от 1,5 до 2 лет [Хаин и др., 2008]. Эти закономерности могут быть положены в основу средне- и долгосрочного прогноза.

В соответствии с цикличностью процессов, приводимых в работе [Хаин и др., 2008], основной пик подводной грязевулканической активности на Керченско-Таманском шельфе приходится на 2012–2015 гг. На этот период приходится не только пик двадцать четвертого, особенно мощного, 11-летнего цикла солнечной активности, но и пик четвертого 75–85(80)-летнего цикла, а также 300-летнего цикла солнечной активности [Хаин и др., 2008]. В этот период наблюдалось заметное усиление грязевулканической деятельности. Произошли извержения грязевого вулкана Голубицкий (2011, 2015 гг.), вулкана Темрюкский (2013, 2015, 2018 гг.), а также

катастрофическое эндогеодинамическое поднятие в районе мыса Каменный в 2011 г. Это усиление находит корреляцию с циклами солнечной активности, но требует дальнейшего подтверждения, так как крупные извержения вулкана Темрюкский в 2007 г. и вулкана Голубицкий в 2008 г. этому противоречат.

Проведенные исследования дали возможность оценить радиус опасного воздействия подводных грязевых вулканов на инженерно-технические сооружения. Так, для вулкана Тузла этот радиус оценивается в 500 м. У вулкана Голубицкий нарушения инженерной инфраструктуры зафиксированы в радиусе 625 м от центра извержения 2015 г. У вулкана Темрюкский после извержения 2013 г. изменения рельефа дна с просадками амплитудой до 2 м в виде кольцевого кальдерного обрамления зафиксированы в радиусе 1 км. Гидрогазогеохимический ореол разгрузки метана и его гомологов над структурой Темрюкского вулкана в поперечнике достигает 2,5 км. Эндогеодинамическое поднятие в районе мыса Каменный в 2011 г. с параметрами не менее 6 м/сутки, рассматриваемое как эмбриональная стадия зарождения грязевого вулкана, затронуло 500 м береговой полосы. Таким образом, максимальный радиус опасного воздействия на инженерные сооружения может быть оценен в 1,25 км, минимальный – 0,5 км. Радиус опасного воздействия коррелирует с размерами и активностью грязевулканических структур.

Использованы материалы, полученные АО «Южморгеология» по программе государственного мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовой зоны (контракты 02/2018-04-ЮРЦ(02), 14/2017-04-ЮРЦ(02), 25/2016-04-1, 01/20/60-2, 42/01/60-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаев А.Ш. Влияние деятельности грифонов на частоту извержений грязевых вулканов // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 4 (51). С. 9–17.

2. Глазырин Е.А. Опасные вещественно-энергетические воздействия подводного грязевого вулканизма // Геология морей и океанов: мат-лы XXI Междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии. Т. IV. М.: ГЕОС, 2015. С. 138–142.

3. Глазырин Е.А. Основные результаты изучения подводного грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. VII. Ч. 2 / под ред. И.А. Керимова М.: ИИЕТ РАН, 2017. С. 39–48.

4. Завьялов А.Д. Основы георискa: вулканы // Георискa. 2010. № 3. С. 10–18.

5. Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы // Соросовский образовательный журнал. 2004. Т. 8. № 1. С. 63–69.

6. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Георискa. 2010. № 3. С. 20–28.

7. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической деятельности. Burgas, SWB, 2008. 304 с.

8. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 3. С. 227–241.

9. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2006. 176 с.

10. Aliev A., Guliev I., Panahi B. Mud volcanoes hazards. Baku: Nafta-Press, 2000. 59 p.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НАВОДНЕНИЙ (академический опыт США)

Е.М. Горюшина
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
esherder@gmail.com

В Соединенных Штатах Америки ущерб от наводнений считается главной причиной социально-экономических потерь, вызванных гидроклиматическими явлениями, и продолжает увеличиваться наряду с усилением воздействия погодных условий и наращиванием темпов развития страны. На протяжении второй половины

XX в. ежегодные потери от наводнений в США почти утроились – с 1,7 млрд долл. в 1950-х гг. до 5 млрд долл. в 1990-х гг. [Pielke et al., 2000]. Поэтому многие американские исследователи полагают, что детальное изучение причин нанесенного ущерба в результате наводнений является ключевой задачей для улучшения возможностей в области его прогнозирования [Bubeck et al., 2011].

Изменения размеров ущерба могут быть объяснены не только повторяемостью и масштабами самого природного явления, но и уровнем воздействия человека непосредственно в зоне затопления, низкой степенью защищенности различных объектов от наводнения и его последствий.

Анализ англоязычных источников по проблеме прогнозирования социально-экономического ущерба в результате наводнения предполагал выборку наиболее авторитетных 63 англоязычных исследований по данной проблематике. Очевидно, что опасные природные явления, как правило, обусловлены изменениями климата (например, экстремальные осадки). В свою очередь риск наводнения тесно связан с сочетанием нескольких малоразработанных в американской науке показателей: опасное явление (*hazard*), подверженность внешнему воздействию (*exposure*), уязвимость (степень защищенности) (*vulnerability*). Исследователи США описывают ущерб от наводнения как результат совместного воздействия вышеперечисленных трех факторов.

Среди ряда работ выделяется исследование ученых К. Жу, Г. Ленга и Л. Фенга [Zhou et al., 2017] из Совместного научно-исследовательского института глобальных изменений Мэрилендского университета (США). Авторы не просто осуществили анализ многих предыдущих исследований, посвященных системе прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнений в США, но и расширили спектр методологических вопросов в данной сфере.

Методологический сегмент (по Жу, Ленгу и Фенгу) системы прогнозирования ущерба учитывает не столько общепринятые индикаторы, связанные с количеством осадков, сколько акцентирует внимание на роли поверхностного стока (в результате дождя или снеготаяния; однодневный / количество за год). При учете этих двух показателей ими исследуется совокупное воздействие климатических и приземных условий в формировании более значимого ущерба от наводнения.

Примечателен индикатор подверженности внешнему воздействию (*exposure*, т.е. воздействию опасности наводнения), представляющий собой ожидаемое количество людей и хозяйственные активы, которые могут пострадать в результате опасного природного явления конкретно в зоне затопления. В исследовании данный индикатор включает население[1] и землепользование[2]. При этом авторы в своей системе прогнозирования специально учитывают городские территории и пахотные земли в дополнении к широко используемым показателям ВВП и населения.

Уязвимость *(vulnerability)* – подверженность элементов воздействию опасности наводнения. В этом случае уязвимость, как правило, рассчитывается посредством включения антропогенных усилий по смягчению ущерба в результате наводнения, например, как именуют этот показатель Жу, Ленг и Фенг, «обороноспособность» (способность смягчать воздействия опасного природного явления, а значит, минимизировать ущерб). Очевидно, что территории, применительно к которым оба индикатора подверженности внешнему воздействию и уязвимости окажутся с низким значением, будут наименее подвержены ущербу от наводнения.

В целом можно выделить следующие опорные точки, значимые для системы прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнения.

1. Исследования прошлых лет по оценке ущерба, как правило, проводились с учетом данных национального или регионального уровня США, где игнорировались пространственные неоднородности показателей опасности, подверженности и уязвимости (которые были обозначены выше).

При этом формирующиеся тенденции в сфере оценки ущерба от наводнений и влияющих на нее факторов могут существенно разниться в отдельных штатах при разных погодных, топографических, демографических и экономических условиях.

2. Необходимость рассмотрения поверхностного стока как одного из индикаторов риска наводнения для объяснения изменений масштабов ущерба от этого явления.

В исторической ретроспективе ущерб в результате наводнений обычно связывался с атмосферными осадками. Жу, Ленг и Фенг утверждают, что поверхностный сток может отражать совокупное влияние как климатических, так и приземных факторов. То есть наряду с количеством осадков следует учитывать специфику топографии, почвы, которые теоретически лучше объясняют различные вариации ущерба от наводнения, чем

[1] Данные по населению предоставляются на 1 июля каждого года в тысячах человек.

[2] Данные такого типа предоставляет Министерство сельского хозяйства США (http://www.usda.gov/) и включают: основную информацию о землепользовании за последние 50 лет, в т.ч. лесные угодья, лугопастбищные угодья и земли, пригодные для выпаса скота, но не пригодные для обработки, непосредственно пахотные земли, земли особого вида использования (прежде всего парки и зоны дикой природы) и другие земли (куда включаются тундра или болота), а также городские земли.

осадки. Для большинства штатов обнаруживается значительная корреляция между экстремальными осадками и поверхностным стоком, а также ущербом от наводнений. Это соответствует выводам ряда известных исследователей [Pielke et al., 2000] [Karl et al., 1998]. Тем не менее в Северной Дакоте, Вайоминге, Нью-Мексико, Неваде, Флориде и Мэне связь между ущербом от наводнения и опасным природным явлением слабая. Это подразумевает, что изменение масштабов ущерба от наводнения в этих штатах можно объяснить главным образом социально-экономическими условиями, в том числе ростом благосостояния и демографическими изменениями.

3. Несмотря на то, что такие показатели, как валовой внутренний продукт (ВВП) и количественные характеристики населения, наиболее распространены в описании подверженности внешнему воздействию и уязвимости, они дают ограниченную информацию о том, что именно привело к увеличению социально-экономического ущерба от наводнения.

В частности, Жу, Ленг и Фенг заключают, что за период 1955–1999 гг. наибольшему ущербу подверглись штаты Луизиана, Айова, Калифорния, Северная Дакота и Техас. Среди пяти штатов наибольшая межгодовая изменчивость масштабов ущерба от наводнения обнаружена в Луизиане и Северной Дакоте. В целом по стране совокупный ущерб от наводнений за исследуемый период составил около 85 млрд долл. США (со среднегодовым ущербом до 1,89 млрд долл.). Ученые также приходят к интересным выводам в данном сегменте исследований. Они не видят ничего удивительного в том, что штаты Калифорния, Техас, Иллинойс и Пенсильвания, испытывающие наибольший ущерб от наводнений, отличаются более высоким уровнем благосостояния (ВВП). Однако в штате Нью-Йорк, Огайо и Мичиган, несмотря на характерные для них высокие уровни ВВП, ущерб от наводнений в течение исследуемого исторического периода характеризуется как относительно низкий, что, как полагают ученые, обусловлено низким значением индикаторов подверженности внешнему воздействию и уязвимости.

4. Американский опыт системы прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнений в основном фокусируется на национальном уровне, реже – на уровне штата.

Однако ситуация коренным образом начинает меняться в 2017 г., когда ученые предлагают усовершенствовать имеющиеся системы прогнозирования социально-экономического ущерба в результате наводнения. Возможно, это связано с произошедшим в США ураганом Харви (тропическим циклоном), который сопровождался сильными дождями и привел к катастрофическим наводнениям в юго-восточной части Техаса в августе 2017 г. и к совокупному ущербу в размере почти 200 млрд долл. Это первый мощный ураган в месте выхода на берег в США.

Американский опыт прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнения подводит к нескольким предположениям, которые необходимо учитывать при дальнейшем исследовании системы прогнозирования (в том числе применительно к российскому опыту).

Во-первых, велика вероятность, что социально-экономическая деятельность не только повлияет на общие условия подверженности внешнему воздействию и уязвимости [Di Baldassarre et al., 2016], но и в корне изменит сам гидрологический режим [Ciullo et al., 2017]. В частности, как утверждает Ди Балдассаре, влияние будущей социальной динамики на гидрологические системы крайне непредсказуемо. Во-вторых, в методологическом сегменте исследований по этому вопросу может быть применено социально-гидрологическое моделирование [Ceola et al., 2016], что актуализирует синтез социально-политических и естественных отраслей знания с целью описания соответствующих процессов. В-третьих, ограничение исследовательской точности относительно качества и последовательности записей об ущербе от наводнения. В частности, оценка индивидуального ущерба в результате малого или умеренного паводка иногда игнорируется или в значительной степени недооценивается на территории США, что может привести к неопределенности в исследованиях (и, значит, в системе прогнозирования) и/или предвзятых оценках совокупного ущерба.

Еще одно немаловажное предположение касается накопительного эффекта последствий частых наводнений, приводящих к малому социально-экономическому ущербу. Благодаря исследованию группы авторов под руководством Х. Мофтахари очевидно, что совокупные затраты на устранение причиненного ущерба в результате таких наводнений могут даже превышать затраты, вызванные экстремальными, но нечастыми наводнениями в прибрежной зоне [Moftakhari et al., 2017]. Из чего следует, что необходимы более надежные выводы, сделанные на основе продолжительных временных рядов и улучшенного качества данных для верификации намечающихся тенденций и статистических взаимосвязей в системе прогнозирования социально-экономического ущерба.

Опыт США, основанный на анализе теоретических и эмпирических исследовательских данных, может способствовать пересмотру российского опыта прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнения. Выводы и предположения, полученные в результате анализа академических публикаций американских авторов, могут быть использованы в расширении теоретико-методологической основы отечественных исследований по изучению последствий наводнений. В частности, следует обратить внимание на смещение фокуса с исключительно естественнонаучных показателей на социально-экономические параметры, которые могут быть применены в социально-гидрологическом моделировании.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-05-80043 «Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии: проблемы взаимозависимости и взаимной обусловленности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bubeck P. et al. How reliable are projections of future flood damage? // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2011. Vol. 11. No. 12. P. 3293–3306.

2. Ceola S. et al. Adaptation of water resources systems to changing society and environment: a statement by the International Association of Hydrological Sciences // Hydrological Sciences Journal. 2016. Vol. 61. No. 16. P. 2803–2817.

3. Ciullo A. et al. Socio-hydrological modelling of flood-risk dynamics: comparing the resilience of green and technological systems // Hydrological Sciences Journal. 2017. Vol. 62. No. 6. P. 880–891.

4. Di Baldassarre G., Brandimarte L., Beven K. The seventh facet of uncertainty: wrong assumptions, unknowns and surprises in the dynamics of human-water systems // Hydrological Sciences Journal. 2016. Vol. 61. No. 9. P. 1748–1758.

5. Karl T.R., Knight R.W. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States // Bulletin of the American Meteorological society. 1998. Vol. 79. No. 2. P. 231–242.

6. Moftakhari H.R. et al. Cumulative hazard: The case of nuisance flooding // Earth's Future. 2017. Vol. 5. No. 2. P. 214–223.

7. Pielke Jr R.A., Downton M.W. Precipitation and damaging floods: Trends in the United States, 1932–1997 // Journal of Climate. 2000. Vol. 13. No. 20. P. 3625–3637.

8. Zhou Q., Leng G., Feng L. Predictability of state-level flood damage in the conterminous United States: the role of hazard, exposure and vulnerability // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 5354.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГОНОВ В АЗОВСКОМ МОРЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПОВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ МОРСКОЙ МОДЕЛИ

Н.А. Дианский[1, 2, 3], В.В. Фомин[2]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

[2] Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, г. Москва

[3] Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, г. Москва

nikolay.diansky@gmail.com

Введение

Современным инструментарием расчета и прогноза сгонно-нагонных изменений уровня Азовского моря является численное моделирование [Попов, Лобов, 2016; Филиппов, 2012]. При этом актуальной задачей остается решение проблем повышения точности расчетов и оправдываемости прогнозов. Численное моделирование зависит от множества факторов, в первую очередь от методов расчета атмосферного воздействия, особенностей используемой модели морской гидротермодинамики, ее физических параметризаций и пространственного разрешения. Исследованию этих вопросов и посвящена настоящая статья, которая основывается на воспроизведении одних из самых экстремальных за период инструментальных наблюдений с 1881 г. нагонов, произошедших 24.03.2013 и 24.09.2014. При этом основной упор сделан на воспроизведении шторма 2013 г.

В настоящем исследовании в качестве модели динамики Азовского моря используются различные версии модели INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model), разработанной в Институте вычислительной математики им. Г.И.Марчука РАН (ИВМ РАН) [Фомин, Дианский, 2018]. В отличие от моделей Азовского моря [Попов, Лобов, 2016; Филиппов, 2012], модель INMOM основана на полных уравнениях морской гидротермодинамики. Различные версии INMOM также используются в Государственном океанографическом институте им. Н.Н. Зубова (ГОИН) для решения прикладных задач в морях РФ (см. обзор в работе [Фомин, Дианский, 2018]).

Для воспроизведения циркуляции Азовского моря здесь используются две версии модели INMOM: для акватории Чёрного, Азовского и Мраморного морей с горизонтальным разрешением ~4 км и для бассейна

Азовского моря с Керченским проливом и прилегающей к нему акватории Чёрного моря (приблизительно до изобаты 100 м) с горизонтальным разрешением ~250 м. Поэтому далее будем называть эти версии ЧАММ (Черное, Азовское и Мраморное моря) и АМ (Азовское море) по названию моделируемых акваторий. Более подробно с параметрами версий моделей можно ознакомиться в работе [Фомин, Дианский, 2018]. Для расчета атмосферного воздействия используются данные об атмосферной циркуляции, реконструируемые различными методами.

Анализ качества используемых полей ветра

От точности воспроизведения атмосферной циркуляции зависит и точность расчета морской динамики. Для расчета атмосферного воздействия используются два разных типа данных об атмосферной циркуляции – из Era-Interim и авторские результаты расчетов по региональной атмосферной модели WRF (Weather Reasearch and Forecast Model) [Фомин, Дианский, 2018]. Верификация полей метеопараметров из этих данных проводилась для акватории Азовского моря за период 01.02–31.03.2013.

Для верификации выбирались прибрежные станции в Таганроге, Мариуполе, Приморско-Ахтарске, Керчи и Геническе. Использовались поля ветра, поскольку именно сила ветра является главным фактором формирования экстремальных нагонов в Азовском море. Результаты, представленные в таблице 1, показывают по величине СКО и коэффициенту корреляции, что скорость ветра воспроизводится моделью WRF лучше, чем по данным реанализа Era-Interim.

Таблица 1. Средние для всех 6 метеостанций значения коэффициента корреляции и СКО (м/с) для скорости ветра из реанализа Era-Interim и рассчитанной по модели WRF

Атмосферные данные	Модуль скорости		Зональная компонента		Меридиональная компонента	
	Корр.	СКО	Корр.	СКО	Корр.	СКО
Era-Interim	0,69	1,51	0,81	1,70	0,81	1,62
WRF	0,77	1,35	0,88	1,42	0,85	1,43

На рисунке 1 показан временно́й ход модуля скорости ветра по данным измерений, результатам расчета по модели WRF и данным Era-Interim на метеостанции и «Таганрог» за период 01.02–31.03.2013. Видно, что расчеты по модели WRF и данные Era-Interim завышают наблюдаемую среднюю изменчивость ветра. Возможно, что это завышение общей изменчивости скорости ветра связано с береговым местоположением метеостанций, когда происходит естественное снижение скорости наблюдаемого ветра из-за рельефа местности и находящихся поблизости построек. Поэтому в центральной части моря расчетные данные могут даже занижать наблюдаемую скорость ветра. Об этом может свидетельствовать то, что экстремальные значения ветра даже на станции Таганрог не занижаются. При этом модуль ветра во время шторма 24.03.2013 по результатам модели WRF и на станции «Таганрог» хорошо воспроизводится, чего нельзя сказать о результатах реанализа Era-Interim, занижающего модуль штормовой скорости ветра более чем на 2 м/с.

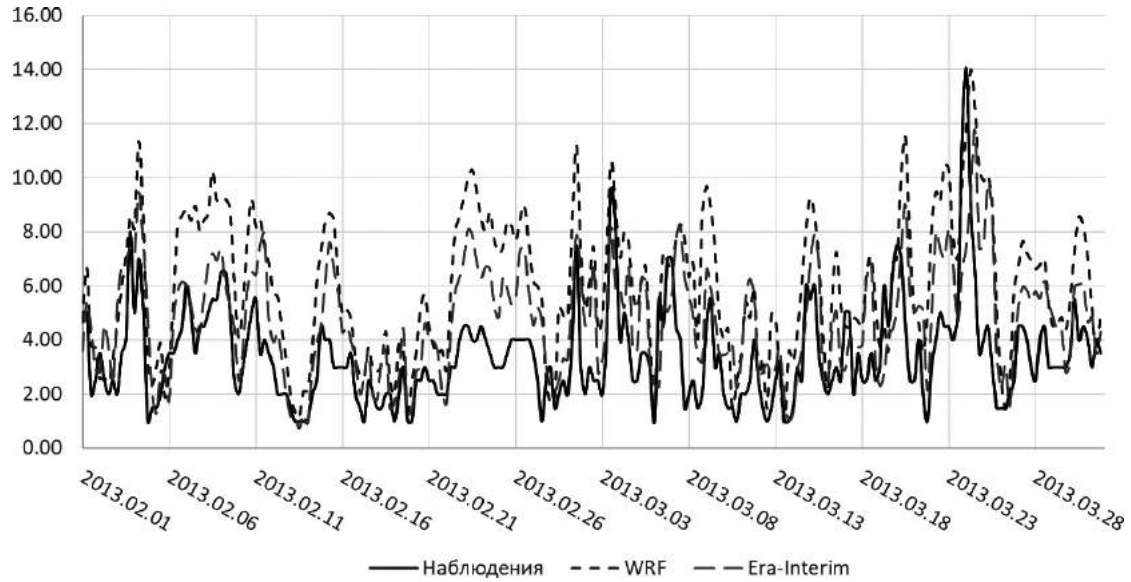


Рис. 1. Временной ход модуля скорости ветра (м/с) по данным измерений, расчету по модели WRF и данным Era-Interim за период 01.02–31.03.2013 на метеостанции «Таганрог»

Результаты верификации метеорологических характеристик показали, что в сравнении с данными реанализа Era-Interim модель WRF позволяет с бóльшей степенью точности воспроизводить метеорологические характеристики над акваторией Азовского моря. Причем это в бóльшей мере касается именно штормовых ситуаций. В следующем разделе исследуется воспроизведение нагона 2013 г. в Таганрогском заливе с представленными выше атмосферными воздействиями с помощью двух версий модели циркуляции Азовского моря.

Анализ воспроизведения таганрогского нагона 2013 г. в зависимости от точности атмосферного воздействия и пространственного разрешения модели морской циркуляции

Для обеих версий моделей ЧАММ и АМ сценарии экспериментов были одинаковы: они проводились для периода 01.02–31.03.2013 и стартовали с январских климатических полей температуры и солености при нулевых скоростях. При этом для АМ с разрешением в 250 м расчеты проводились с использованием данных по атмосферному воздействию как из реанализа Era-Interim, так и рассчитанных по модели WRF. Для ЧАММ с разрешением в 4 км эксперименты проводились только с использованием атмосферного воздействия по WRF, как более точного, согласно анализу из предыдущего раздела статьи.

Анализ качества воспроизведения штормовых ситуаций Азовского моря с помощью описанных в первом разделе двух версий INMOM проводился по доступным данным за тот же период, что и атмосферные характеристики, поскольку первый месяц расчетов полагался разгоночным. Для этого использовались данные наблюдений за уровнем моря на посту уровенных наблюдений «Таганрог» (39°в.д. 47,2°с.ш.).

Вначале проанализируем результаты экспериментов по версии модели АМ как априори более точной модели в силу более высокого пространственного разрешения, чтобы дать оценку влияния типа метеорологического воздействия на воспроизведение штормовых нагонов в Азовском море. Здесь и далее анализ проводился для уровня моря при его отклонении от среднего значения. Среднее значение рассчитывалось за период 01.02–31.03.2013.

На рисунке 2 показано качество воспроизведения хода уровня по результатам расчетов по модели АМ с использованием метеохарактеристик из реанализа Era-Interim и рассчитанного по модели WRF в сравнении с данными измерений для поста «Таганрог». Значения уровня моря представлены как отклонение от среднего за расчетный период. Бóльшая точность в воспроизведении экстремального нагона от 24.03.2013 достигается при использовании в качестве атмосферного воздействия данных WRF. Максимальное значение уровня моря с использованием данных WRF для поста «Таганрог» составило 194,7 см, а с использованием Era-Interim – 115,0 см. При этом максимальный уровень моря по наблюдениям на посту «Таганрог» достигал 223,4 см. Коэффициенты корреляции рассчитанного и наблюдаемого уровня моря с использованием данных WRF составляли 0,92, а с данными Era-Interim – 0,88, что не сильно отличается друг от друга. Однако СКО уровня моря для данных WRF оказалось меньше, чем для данных Era-Interim: 19,8 см и 21,3 см соответственно. Таким образом, использование результатов расчета по WRF позволяет существенно лучше воспроизводить как сам штормовой нагон, так и общую изменчивость уровня моря.

Так как атмосферный форсинг, рассчитанный по негидростатической модели WRF, можно оценить как более подходящий для воспроизведения нагона 2013 г., чем данные Era-Interim, то исследование

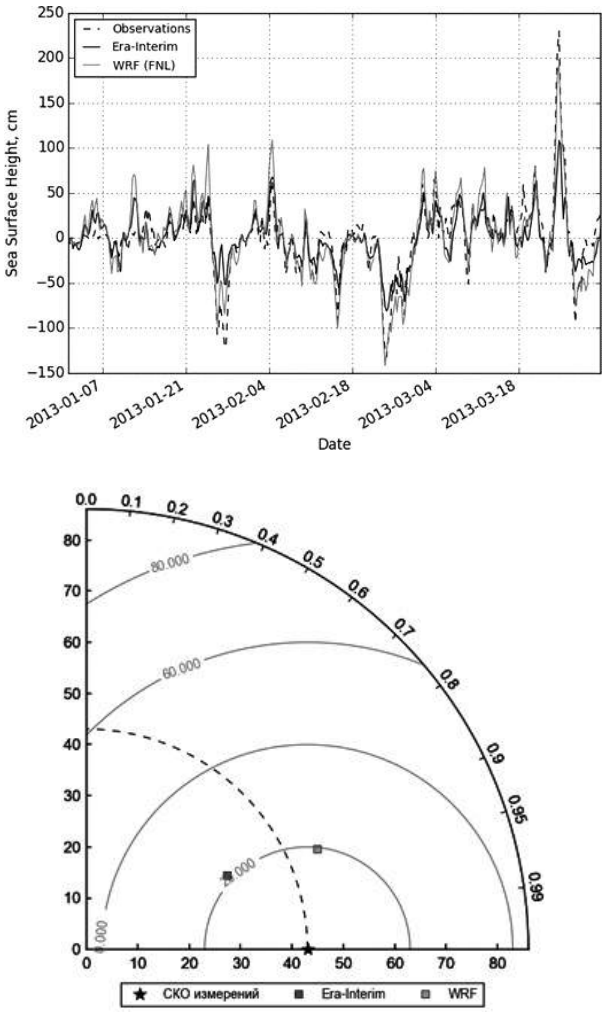


Рис. 2. Временной ход уровня моря (см) по результатам расчетов по модели АМ с использованием метеохарактеристик, рассчитанных по модели WRF и данным измерений для поста «Таганрог» (вверху); диаграмма Тейлора для результатов соответствующих экспериментов для поста «Таганрог» (внизу). Звездочкой обозначено значение изменчивости уровня по наблюдениям

влияния горизонтального разрешения моделей версий INMOM было проведено с форсингом WRF. Результаты расчетов показали (см. табл. 2), что, как и следовало ожидать, чуть более точные результаты достигаются при использовании модели с разрешением в 250 м. Более точный анализ приведен в работе [Фомин, Дианский, 2018].

Таблица 2. Коэффициент корреляции, СКО (см) и ошибка максимального нагона (ОМН) 2013 г. (см) при расчете по АМ для постов «Таганрог» (макс. нагон 223,4 см) для атмосферных данных для версий модели АМ с форсингом Era-Interim и WRF, ЧАММ с форсингом WRF

Версия модели и атмосферный форсинг	Корреляция	СКО	ОМН
АМ, Era-Interim	0,88	21,29	–108,4
АМ, WRF	0,92	19,77	–28,7
ЧАММ, WRF	0,90	23,64	–30,1

Выводы

С целью изучения особенностей формирования и выявления требований к точности воспроизведения атмосферной и морской циркуляции в акватории Азовского моря был проведен анализ воспроизведения самых экстремальных за весь период инструментальных наблюдений таганрогских нагонов, произошедших 24.03.2013 и 24.09.2014. Для этого на основе модели морской циркуляции INMOM были реализованы версии модели Азовского моря с пространственным разрешением 4 км, 1 км и 250 м. Было показано, что расчет атмосферного воздействия с более высоким пространственным разрешением по негидростатической модели WRF позволяет воспроизводить экстремальный нагон с более высокой точностью, чем с помощью глобального атмосферного реанализа ERA-Interim с более грубым пространственным разрешением. Результаты расчета штормового нагона 2014 г. [Фомин, Дианский, 2018] показали, что, в отличие от нагона 2013 г., для его максимума обнаруживается переоценка чуть ли не на 0,5 м. По-видимому, главная причина этого заключается в том, что шторм 2014 г. привел к существенно большему (почти на 0,5 м) нагону, чем в 2013 г. Возможно, эта переоценка вызвана недоучетом затопления, ограничивающего повышение уровня моря, и/или более точным воспроизведением поля ветра для шторма 2014 г.

Работа выполнена в рамках исследований, поддержанных РФФИ (проект № 17-05-41101 РГО_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов С.К., Лобов А.Л. Диагноз и прогноз наводнения в Таганроге по оперативной гидродинамической модели // Труды ГУ «ГМЦ РФ». 2016. Вып. 362. С. 92–108.

2. Филиппов Ю.Г. Свободные колебания уровня Азовского моря // Метеорология и гидрология. 2012. № 2. С. 78–82.

3. Фомин В.В., Дианский Н.А. Расчет экстремальных нагонов в Таганрогском заливе с использованием моделей циркуляции атмосферы и океана различного пространственного разрешения // Метеорология и гидрология. 2018. № 12. С. 69–80.

МОНИТОРИНГ, АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ АТМОСФЕРНЫХ И МОРСКИХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.И. Долгих, С.С. Будрин, С.Г. Долгих, А.А. Плотников, В.А. Чупин, В.А. Швец, С.В. Яковенко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток
dolgikh@poi.dvo.ru

Рассматриваются особенности проявлений на записях удаленных лазерных деформографов деформационных предвестников цунамигенных землетрясений. Обсуждаются особенности возбуждения мощных инфразвуковых деформационных возмущений в диапазоне 7–9 Гц, связанных с прохождением тропических

циклонов (тайфунов) в зоне функционирования лазерных деформографов. Предложен деформационный метод мониторинга тайфунов с возможностью их локации и прогнозирования. Исследуются механизмы образования метеоцунами и связанных с ними аномальных уединенных морских волн.

Введение

Среди опасных морских явлений и катастроф по числу жертв первостепенную роль можно отвести цунами. В настоящее время угроза цунами объявляется при возникновении подводного землетрясения с магнитудой больше «пороговой» магнитуды конкретного региона моря (океана). Но, к сожалению, данный метод не приносит 100 %-ный результат, так как возникающие в очаговой области происшедшего землетрясения и регистрируемые современными сейсмографами колебания, по которым определяется магнитуда землетрясений, не приводят к образованию цунами. Цунами возникает в результате резких подвижек морского дна, которые не могут быть зарегистрированы даже самыми широкополосными сейсмографами. Плохой прогноз цунами порождает проблему ложной тревоги. Весь смысл надежного прогноза цунами заключается в уверенном дистанционном методе фиксации подвижек дна, приводящих к образованию цунами. Возникшее при этом деформационное возмущение распространяется в земной коре со скоростью, значительно превосходящей скорость распространения цунами, что можно эффективно использовать при слежении за цунами и предупреждении [1–3]. Более того, по деформационным подвижкам, регистрируемым различными пространственно разнесенными системами, можно локализовать места их возникновения и оценить энергетические характеристики цунами при выходе ее на шельф. Развитие деформационного метода определения степени цунамигенности подводных землетрясений является крайне актуально задачей сегодняшнего дня.

Из погодных систем синоптического масштаба наиболее опасными по своим разрушительным последствиям являются тропические циклоны, формирующиеся над тропическими областями океанов из скоплений кучевых облаков. При движении тайфунов над водной поверхностью образуются ветровые волны, которые при определенных условиях порождают такие опасные природные явления, как «голос моря», – мощнейшие инфразвуковые колебания в частотном диапазоне 1–20 Гц, которые оказывают существенное воздействие на психофизическое состояние живых систем, особенно на человека [4]. Регистрация данных колебаний с оценкой их частотных и энергетических характеристик является актуальнейшей задачей междисциплинарных исследований, выполняемых на стыке наук о Земле, биологических и медицинских наук. Развитие дистанционных методов по изучению природы возникновения и динамики инфразвуковых возмущений диапазона «голоса моря» позволит не только оценить их характеристики, но и, вероятно, отследить с большой точностью движение тайфунов. Учитывая частотный диапазон колебаний «голоса моря», можно ожидать, что в зоне перехода основная их энергия уносится земной корой [5]. Волны зыби, порождаемые штормами, особенно в результате действия тропических циклонов, движущиеся из зоны действия циклонов, опасны для хозяйственной деятельности человека в море, и особенно опасны для объектов, расположенных на шельфе, в прибойной зоне и берегу. Точный прогноз изменения их динамических характеристик крайне важен.

В последнее время тема волн-убийц в океане приобретает большую популярность среди океанологов, физиков и математиков [6]. Волны-убийцы стали исследоваться не так давно, поэтому наши знания о них далеки от удовлетворительного состояния. Нет пока единого определения «волн-убийц» и нет единого мнения, что относить к такой волне. Нет единой теории о механизмах возникновения аномально больших поверхностных морских волн. Волны-убийцы зарегистрированы во всех океанах, во время штормов и в штиль, в открытом океане и вблизи берега, при наличии течений и при их отсутствии. Практически нет методов предсказания волн-убийц. Более того, прослеживается определенная связь образования волн-убийц с так называемым метеоцунами. Именно метеоцунами могут образовывать на морской поверхности мощные нелинейные одиночные волны, которые по своим параметрам относятся к волнам-убийцам.

В данной статье мы уделим определенное внимание описанным выше процессам.

Аппаратно-программный комплекс

Все экспериментальные данные, рассматриваемые в работе, получены в основном на аппаратно-программном комплексе, расположенном на м. Шульца [7]. Он состоит:

1) из двухкоординатного лазерного деформографа [8], представляющего собой лазерные деформографы неравноплечего типа с длинами плеч 52,5 и 17,5 м, ориентированными почти по линиям север – юг и запад – восток соответственно, позволяющими измерять смещения земной коры на базе приборов с точностью 0,1 нм в частотном диапазоне от 0 (условно) до 1000 Гц;

2) лазерного нанобарографа [9], предназначенного для измерения вариаций атмосферного давления с точностью 50 мкПа в частотном диапазоне от 0 (условно) до 1000 Гц;

3) лазерных измерителей вариаций давления гидросферы [10] и лазерных гидрофонов [11], эпизодически устанавливаемых на шельфах Японского и Охотского морей, предназначенных для измерения вариаций гидросферного давления с точностью 1 мПа в частотном диапазоне от 0 (условно) до 1000 Гц;

4) метеостанции;

5) системы точного времени;

6) вычислительного комплекса.

Полученные данные со всех установок комплекса по кабельным линиям поступают в лабораторное помещение, где после предварительной обработки (фильтрация и децимация) записываются на твердые носители программно-вычислительного комплекса с последующей организацией базы экспериментальных данных.

Цунамигенные землетрясения, цунами

В работах [1; 2] указано, что прогноз возникновения цунами можно делать по фиксации скачка деформации, который возникает в земной коре в результате смещений морского дна, вызывающего цунами и распространяющегося со скоростью, значительно превышающей скорость цунами. Данный результат был получен после анализа записей катастрофических цунамигенных землетрясений. Остаются открытыми вопросы: при всех ли землетрясениях может наблюдаться этот эффект; как он связан с характером подвижек дна и т.п.? В данной статье при анализе записей четырех цунамигенных землетрясений, полученных на двухкоординатном лазерном деформографе, рассмотрим эти вопросы.

При обработке данных 2015 г. были выбраны относительно средние по мощности цунамигенные землетрясения. При рассмотрении характерных особенностей проявления цунамигенных землетрясений основное внимание было уделено следующим землетрясениям: 1) цунамигенное землетрясение № 1 произошло 16.02.2015 в Тихом океане восточнее Японии в 23:06:27.0 по UTC в месте с координатами 39,856N 142,881E с магнитудой 6,7–6,8 Mw на глубине 15 км; 2) цунамигенное землетрясение № 2 произошло 27.07.2015 в Тихом океане вблизи Лисьих и Алеутских островов в 04:49 по UTC в месте с координатами 52,214N 169,399W с магнитудой 6,9 Mw на глубине 20 км. Рядом зарегистрированы нецунамигенные землетрясения с магнитудой, варьирующейся около 5 Mw, с максимумом в 5,6 Mw; 3) цунамигенное землетрясение № 3 произошло 16.09.2015 в Тихом океане вблизи Чили в 22:54:32 по UTC в месте с координатами 31,573S 71,674W с магнитудой 8,3 Mw на глубине 20 км; 4) цунамигенное землетрясение № 4 произошло 13.11.2015 в Восточно-Китайском море в 20:51:03.0 по UTC в месте с координатами 31,001N 128,873E с магнитудой 6,7 Mw на глубине 10 км. При рассмотрении записей землетрясений на лазерных деформографах можно отметить, что только на записи одного землетрясения наблюдается скачок деформации земной коры, названный деформационным проявлением цунамигенного землетрясения, который ранее нами регистрировался [1; 2] (см. рис. 1).

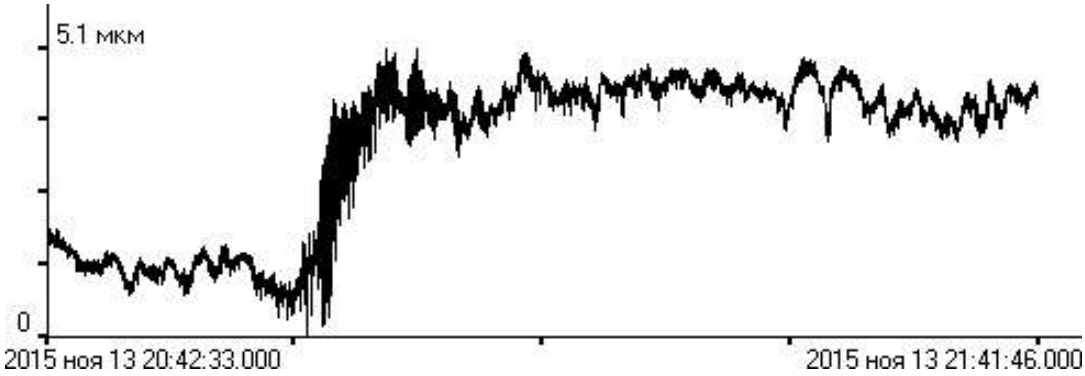


Рис. 1. Запись лазерного деформографа «север – юг»

Такое поведение деформации земной коры проявилось только на лазерном деформографе «север – юг». На лазерном деформографе «запад – восток» оно не отмечено. Это может указывать на то, что данный сигнал обладает поляризационными свойствами. При рассмотрении динамической спектрограммы записей лазерных деформографов можно отметить, что в каждой записи лазерных деформографов присутствуют колебания в диапазоне периодов от 9 до 25 с, но только в динамической спектрограмме записи землетрясения лазерного деформографа «север – юг» присутствует сигнал с периодами от 30 с до 1,5 мин. Относительно отсутствия деформационного скачка на записях других землетрясений можно предположить, что он не всегда формируется. При его формировании нелинейность должна компенсировать дисперсию, и тогда данный деформационный скачок в виде солитоноподобного сигнала (сигнал типа синус-Гордона) может пройти значительные расстояния. Если дисперсия будет преобладать над нелинейностью, то на каком-то расстоянии этот сигнал рас-

плывется, при преобладании нелинейности он схлопнется, превратившись в дельта-функцию, которую тяжело обнаружить на записи лазерных деформографов.

Микросейсмы «голоса моря»

В статье использованы различные данные: 1) данные Японского метеорологического агентства о движении тропических циклонов за 2010–2018 гг. [12]; 2) снимки японского спутника Himawari-8 [13], позволяющие с дискретностью 1 ч визуально проследить область распределения циклонического вихря; 3) данные лазерного деформографа; 4) данные метеостанции.

Первоначально был проведен анализ базы данных тайфунов, проходящих в северо-западной части Тихого океана и оказавших непосредственное влияние на дальневосточный регион России. В качестве характерных примеров этого влияния были выбраны три тайфуна. Интервалы времени действия и названия исследуемых тайфунов приведены в таблице 1. На основе данных Японского метеорологического агентства составлена комплексная карта траекторий движения рассматриваемых тайфунов (рис. 2) с обозначением полусуточных интервалов времени их движения по японскому стандартному времени JST[UTC+09]. Спутниковые снимки японского спутника Himawari-8 использовались для визуального отслеживания места расположения «глаз» тайфунов, их передних фронтов и хвостов.

Таблица 1. Временные интервалы обработки данных наблюдения за тайфунами

№	Название тайфуна	Период времени
1	Bolaven	28.08.2012–31.08.2012
2	Sanba	17.09.2012–20.09.2012
4	Chan-Hom	12.07.2015–15.07.2015

В ходе выполнения работ использовались данные только одного лазерного деформографа, а также данные метеостанции о вариации величины скорости ветра. При обработке данных лазерного деформографа за указанные интервалы наблюдений были получены спектрограммы диапазона «голоса моря» (рис. 3), а также спектрограммы диапазона микросейсм, вызванных воздействием на дно морских ветровых волн и волн зыби, данные по изменению скорости ветра в рассматриваемые интервалы наблюдений. Далее подробно для каждого тайфуна проанализировали полученную информацию, а также снимки японского спутника Himawari-8. Ниже главным образом анализировались динамические спектрограммы, полученные при обработке данных лазерного деформографа, с привлечением данных метеостанции и японского спутника Himawari-8.

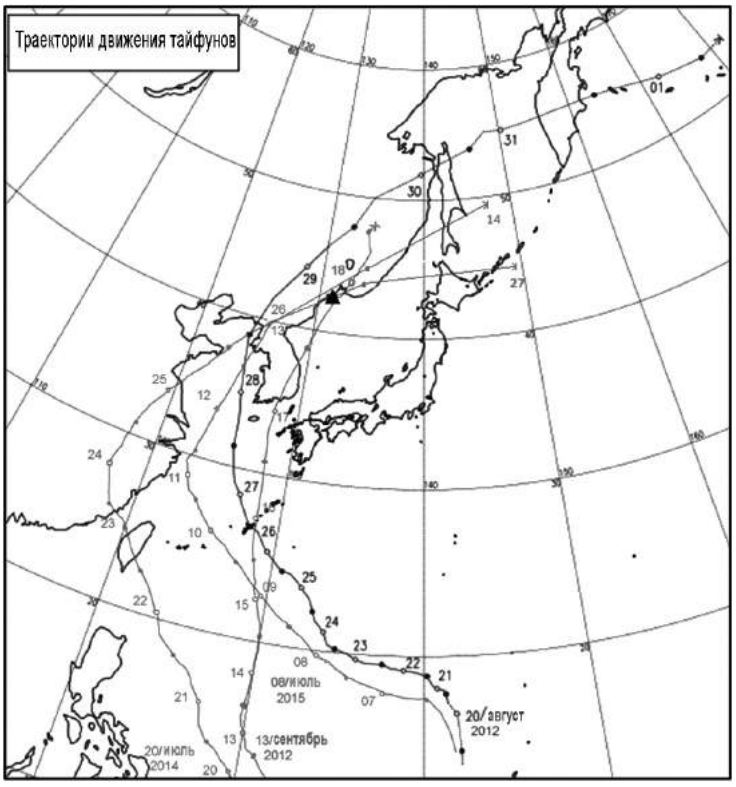


Рис. 2. Траектории движения тайфунов

В ходе выполнения подробного анализа установлено следующее:

1) при движении тайфунов в Жёлтом море на записях лазерного деформографа возникает шум в диапазоне 1–2,5 Гц, который со временем и с выходом тайфунов на Корейский полуостров расширяется до 1–4,5 Гц;

2) в дальнейшем уровень шума в этом частотном диапазоне падает, но появляются мощные колебания в частотном диапазоне примерно 6–9 Гц, которые мы назвали «микросейсмы "голоса моря"»;

3) лазерный деформограф уверенно регистрирует первичные и вторичные микросейсмы;

4) время регистрации микросейсм «голоса моря» лазерным деформографом почти точно (с учетом сложности визуального определения по спектрограммам) совпадает со временем регистрации первичных и вторичных микросейсм этим же прибором;

5) исчезновение микросейсм «голоса моря» коррелирует с исчезновением первичных микросейсм и плохо коррелирует с исчезновением вторичных микросейсм;

6) не всегда максимальный ветер совпадает с максимумом микросейсм «голоса моря».

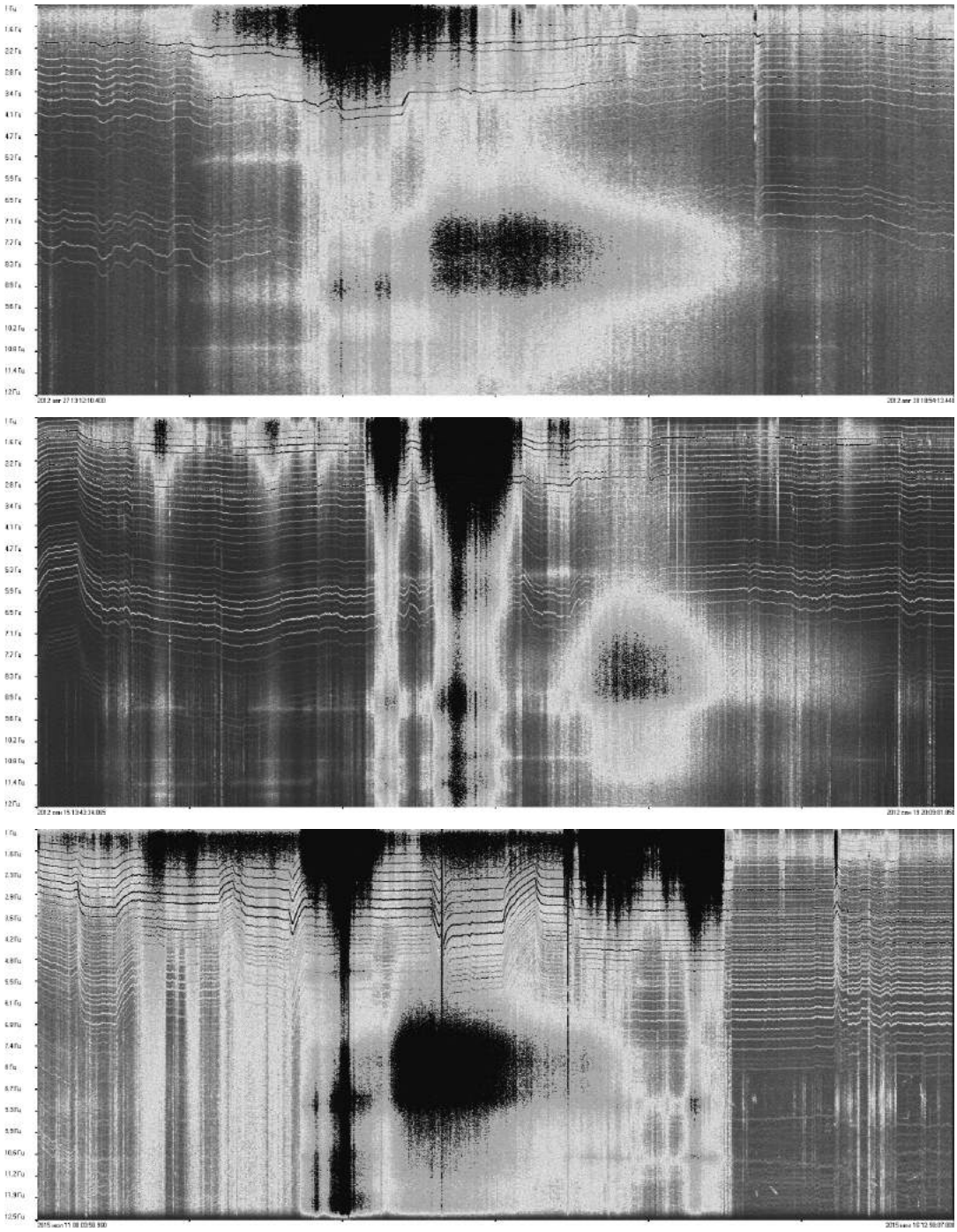


Рис. 3. Микросейсмы «голоса моря» в частотном диапазоне 6–10 Гц. Динамические спектрограммы записей лазерного деформографа при движении тайфунов Bolaven, Sanba, Chan-Hom

Метеоцунами. Волны-убийцы

В мае 2015 г. на МЭС ТОИ ДВО РАН «м. Шульца» на юге Приморского края зарегистрировано атмосферное возмущение, по своим характеристикам относящееся к метеоцунами, которое привело к образованию деформационных волн с полуторачасовым периодом и возбуждению аномальных уединенных гидросферных волн.

При обработке данных приборов за май 2015 г., входящих в состав сейсмоакустико-гидрофизического комплекса, было зарегистрировано атмосферное возмущение, которое по своим характеристикам относится к метеоцунами. На рисунке 4 приведена запись лазерного нанобарографа, на которой зарегистрировано резкое изменение атмосферного давления порядка 13,5 гПа.

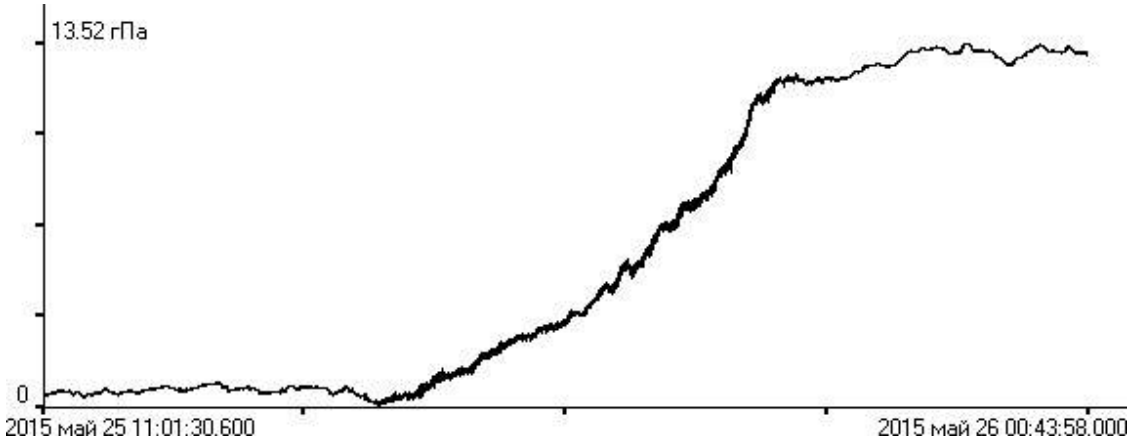


Рис. 4. Фрагмент записи лазерного нанобарографа

Резкое изменение атмосферного давления привело к резкому изменению гидросферного давления, зарегистрированному лазерным измерителем вариаций гидросферного давления, и образованию мощных уединенных волн с амплитудой в четыре раза больше амплитуды приливной волны (см. рис. 5).

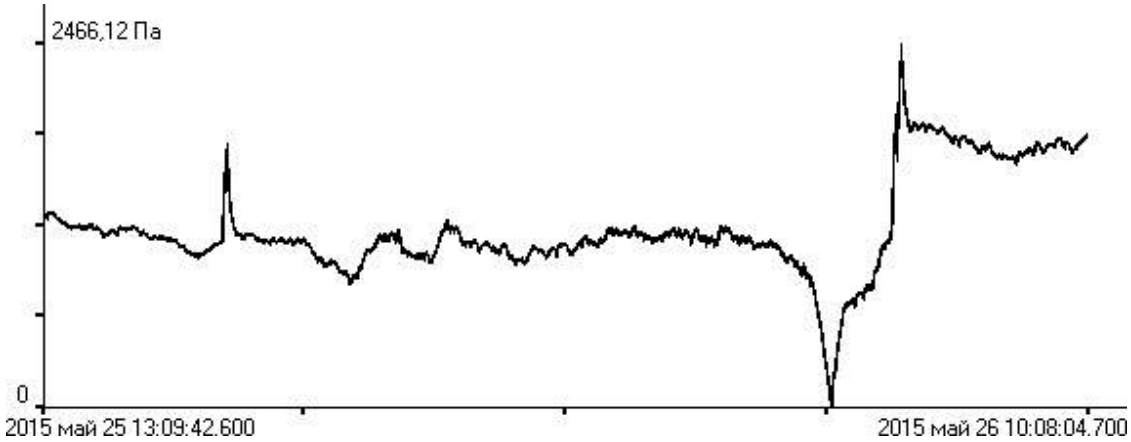


Рис. 5. Фрагмент записи лазерного измерителя вариаций давления гидросферы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалёв С.Н., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Деформационный метод определения цунамигенности землетрясений // Доклады Академии наук. 2007. Т. 417. № 1. С. 109–112.

2. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Регистрация деформационной аномалии цунамигенного землетрясения лазерным деформографом // ДАН. 2007. Т. 412. № 1. С. 104–106.

3. Долгих Г.И., Будрин С.С. Некоторые закономерности в динамике периодов морских ветровых волн // ДАН. 2016. Т. 468. № 3. С. 332–335.

4. Шулейкин В.В. О голосе моря // ДАН. 1935. Т. 3. № 8. С. 259.

5. Долгих Г.И., Гусев Е.С., Чупин В.А. Деформационные проявления «голоса моря» // ДАН. 2018. Т. 481. № 1. С. 95–98.

6. Куркин А.А., Пелиновский Е.Н. Волны-убийцы: факты, теория и моделирование / Нижегородский гос. тех. ун-т. Н. Новгород, 2004.

7. Долгих Г.И., Батюшин Г.Н., Валентин Д.И., Долгих С.Г., Ковалёв С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Яковенко С.В. Сейсмоакустико-гидрофизический комплекс для мониторинга системы «атмосфера – гидросфера – литосфера» // Приборы и техника эксперимента. 2002. № 3. С. 120–122.

8. Долгих Г.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В. Двухкоординатный лазерный деформограф // Физика Земли. 1998. № 11. С. 76–81.

9. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный нанобарограф и его применение при его изучении баро-деформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82–90.

10. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы // Приборы и техника эксперимента. 2005. № 6. С. 137–138.

11. Долгих Г.И., Плотников А.А., Швец В.А. Лазерный гидрофон // Приборы и техника эксперимента. 2007. № 1. С. 159–160.

12. URL: http://www.jma.go.jp/jma-eng/jma-center/rsmc-hq-pub-eg/besttrack_viewer_2010s.html

13. Himawari 8 Data Archive, GMS/GOES9/MTSAT Data Archive for Research and Education. URL: http://weather.is.kochi-u.ac.jp/archive-e.html

КЛИМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ОСАДКОВ В КРЫМУ И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИХ ЭКСТРЕМУМОВ

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

[1] Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

[2] Институт природно-технических систем, г. Севастополь

[3] Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Стихийные гидрометеорологические явления – одни из самых опасных проявлений нестабильности климата. За последние 20 лет их количество в России возросло, повысился и уровень погодно-климатических рисков для различных секторов экономики и социальной сферы. Соединение научно обоснованных оценок погодно-климатических аномалий и их влияния на сферу рационального природопользования позволит разработать комплекс организационно-технологических решений по управлению природно-климатическими рисками, необходимость которых продиктована климатической доктриной РФ. Подобные мероприятия должны опираться на специальные методы и технологии оценки и прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений и климатообусловленных вариаций их частоты и интенсивности. Во многом такие методы и технологии должны иметь региональную специфику, связанную с локальными условиями развития опасных и стихийных явлений и региональным проявлением глобальных климатических процессов.

Целью данной работы стало исследование основных климатических характеристик очень сильных осадков в Крыму. Для этого в настоящей работе был выполнен анализ повторяемости ОЯ (по осадкам) по 23 пунктам наблюдения сети Крыма за период 1976–2017 гг., а также статистический анализ возникновения экстремальных осадков по данным о суточных суммах осадков за период с 1950-х гг. В практике гидрометеорологических наблюдений критерием очень сильных осадков (ОЯ) является 30 мм выпавших за 12 часов и менее для селеопасных районов; для остальных районов – 50 мм за 12 часов и менее. В данной работе за один случай ОЯ по Крыму считалось событие, при котором дождь достиг критерия ОЯ хотя бы на одном из 23 пунктов. Информационную основу исследования составил электронный архив гидрометеорологических данных Севастопольского ЦГМС по метеорологическим и морским гидрологическим параметрам, измеряемым на морской береговой сети Азово-Черноморского региона и территории Крыма. Массив данных включает в себя характеристики гидрометеорологических элементов срочного, суточного и месячного временного масштаба.

Всего за исследуемый период (1976–2017 гг.) в Крымском регионе было зафиксировано 689 случаев ОЯ по осадкам. В среднем за год по территории Крыма наблюдается около 17 таких случаев, в отдельные годы – 35 (1997 г.). В течение года повторяемость значительных осадков существенно различается: на летний сезон приходится около 46 % случав, тогда как в горных районах такие события происходят чаще зимой и их доля составляет около 48 %. ОЯ чаще наблюдаются в горных районах Крыма (224 случая в М Ай-Петри) и на Южном берегу Крыма (106 МГ Ялта),

крайне редко такие осадки наблюдаются в степной части Крымского полуострова (например, 7 случаев в М Раздольное). Такое различие в количестве случаев опасных явлений обусловлено не только разными критериями для степных и селеопасных районов, но и влиянием рельефа местности на условие формирование осадков.

За исследуемый период очень сильные осадки в 63,6 % случаев достигали критерия ОЯ только на одном из пунктов наблюдений Крыма, в 20,9 % случаев – на двух пунктах, в 9,3 % – на трех и более. В исключительных случаях (например, 16.09.2002 и 23–24.09.2014) очень сильный дождь был зафиксирован на 8 и 11 пунктах соответственно.

Установлена статистическая связь между повторяемостью случаев ОЯ в Крымском регионе и полугодовыми суммами осадков. Так, коэффициент корреляции между нормированными (на с.к.о.) аномалиями частоты ОЯ по осадкам на всей территории Крыма и аномалиями количества осадков за теплое и холодное полугодия, усредненными по всем станциям региона, составил 0,91 и 0,76 соответственно. Такая высокая согласованность между величинами обусловлена существенным вкладом количества сильных осадков в общие суммы полугодий, что может быть использовано для оценки частоты случаев ОЯ за период лет до 1976 г., а также для проекционных оценок их изменения в будущем при даунскейлинге результатов глобальных климатических расчетов на региональный масштаб.

Исследование вероятностной природы экстремальных осадков в настоящей работе выполнено методом блочных максимумов по ряду наибольших суточных сумм за год. Как правило, в блочном методе используются годовые максимумы, распределение которых для больших выборок следует одному из трех асимптотических распределений – Гумбеля, Вейбулла или Фреше. В общем случае вероятностная функция зависит от вида и параметров исходного распределения гидрометеорологической величины. Однако если вид этого распределения неизвестен, то рекомендуется использовать обобщенное распределение экстремальных значений (GEV):

$$F_{GEV}(x) = Pr\{X \le x\} = exp\left[-\left(1+\xi\cdot\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right], \quad (1)$$

где ξ – параметр формы, σ – масштабирующий параметр, μ – параметр положения экстремума. Для оценки параметров распределения можно использовать метод максимального правдоподобия. Оценка параметров $\theta = (\mu, \xi, \sigma)$ в (1) в этом случае выполняется путем максимизации функции правдоподобия $L(\theta, y) = \prod_{i=1}^{n} f(y_i|\theta)$, где $f(y_i|\theta)$ – плотность вероятности GEV.

По данным проведенных расчетов за период 1950–2013 гг., наибольшее суточное количество осадков повторяемостью 1 раз в 100 лет для территории Крыма колеблется в пределах от 70 мм (МГ Севастополь, МГ Херсонесский маяк) до чуть менее 200 мм (для горной станции М Ай-Петри). Для метеорологической станции М Раздольное эта величина составила 55 мм, однако здесь нужно отметить, что расчет произведен за короткий период 1977–2017 гг. Дополнительные статистические оценки редких сумм осадков выполнены для величин повторяемостью 1 раз в 10, 25 и 50 лет.

Как правило, расчеты ведутся в предположении постоянства вектора параметров θ GEV-модели распределения экстремумов (1). Однако в связи с наблюдаемыми тенденциями в эволюции крупномасштабных процессов в глобальной климатической системе и с их проявлениями на региональном уровне всё большее внимание уделяется вопросу влияния нестационарности на достоверность статистических оценок экстремумов. Для решения этой проблемы можно представить параметры θ как функции ковариантных переменных, в частности времени t. В настоящей работе был выполнен расчет экстремальных характеристик режима осадков с использованием нестационарной модели GEV в предположении временной зависимости параметра положения экстремума μ:

$$\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2.$$

Расчет по метеорологическим станциям выбранного региона показал, что для 9 из 23 станций региона нестационарная модель параметра локализации экстремума в GEV-модели оказалась значимой даже для короткопериодных метеорологических станций. В зависимости от фазы климатического изменения режима увлажнения в регионе статистические оценки приобретают разные значения. Согласно расчетам, в современный климатический период следует ожидать бóльших по величине экстремумов, чем в предыдущий.

Таким образом, фактор климатической нестационарности временных рядов оказывает влияние на статистическую оценку годовых максимумов осадков редкой повторяемости и, как следствие, повторяемости ОЯ. Климатообусловленные вариации их частоты и интенсивности должны учитываться при анализе рисков и расчете возможного ущерба от опасных гидрометеорологических явлений. Так, подобные закономерности должны проявляться в характеристиках стока рек Крыма, имеющих зависимость от количества осадков на площади водосбора, особенно в период паводков.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-05-01073.

ФОРМИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ТЕЧЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ

Ю.И. Инжебейкин, А.Ю. Московец
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
uinzheb@mail.ru

Динамика вод Азовского моря весьма интенсивна. Течения в нем представляют сложное сочетание различных типов непериодических и квазипериодических перемещений воды, изменчивых как по размерам и времени, так и по скорости (от доли миллиметров до двух метров в секунду). Основными первичными силами, непосредственно приводящими к возникновению течений, являются действие ветра на поверхность моря, индуцированные черноморскими нагонами нагоны, изменение атмосферного давления, изменение рельефа уровня под действием стока рек и в меньшей степени – испарения, осадков. Освещенность этого широкого спектра изменчивости течений натурными наблюдениями крайне скудна по времени и пространству.

Наибольший вклад в формирование поля суммарных течений дают непериодические течения, возникающие в результате воздействия на водные массы проходящих над Черным и Азовским морями атмосферных барических образований. Механизм генерации этих течений разнообразен и включает в себя: касательное напряжение ветра (создает дрейфовое течение с характером вертикального распределения, зависящим от стратификации вод, глубин, скорости ветра), наклона поверхности моря, вызываемого в свою очередь неравномерностью поля ветра, эффектами нагона и сгона у берегов, изменениями атмосферного давления (создают градиентные и барограднентные течения); сейши, генерируемые в основном перемещающимися барическими образованиями, инерционные течения. Структура и количественные характеристики кратковременных непериодических течений, включая их вклад в суммарные течения, исследованы слабо.

Из опасных течений наиболее изученными как по расчетам различных математических моделей [1; 6; 10–12], так и по данным натурных наблюдений [4; 5] являются дрейфовые течения. А сейшевые и инерционные течения, которые также могут привести к опасным последствиям, недостаточно исследованы.

Сейшевые течения. Рассмотрим распределение максимальных скоростей сейшевых течений для одно-, двух-, трех-, четырех- и пятиузловых сейш, рассчитанных по ранее разработанной нами модели [8]. На рисунке 1 представлено распределение изотах максимальных скоростей течений для указанных сейшевых движений. Как видно из рисунка 1а, при одноузловой сейше с периодом 38,4 ч главная тенденция – рост скоростей течений по мере приближения к центру амфидромии, находящейся в западной части Керченского пролива (рис. 2а), где скорости возрастают до 1–1,3 м/с, максимум – 2 м/с. В восточной половине Казантипского залива скорости составляют 60–70 см/с, у восточной оконечности мыса, перед входом в залив, возрастают до 2 м/с, а у западного мыса – до 1,5 м/с. Высокие скорости имеют место в проливе перед Утлюкским лиманом (20–30 см/с, максимум западнее оконечности косы Бирючий остров – 0,5 м/с); у западных (северо-западных) берегов кос Обиточная (30–40 см/с, максимум – более 60 см/с западнее оконечности косы); Бердянская (25–30 см/с, максимум до 45 см/с западнее оконечности косы).

Возрастание скоростей сейшевых течений наблюдается и по мере приближения к другим косам с максимумом у их оконечностей: Белосарайская (25–30 см/с, максимум до 0,5 м/с); Кривая (15–20 см/с, максимум 0,3 м/с); Беглицкая (10–20 см/с, максимум 0,25 м/с); Долгая (10–15 см/с, максимум более 0,2 м/с). Вдоль восточного берега моря скорости составляют примерно 10 см/с, и лишь у мыса юго-западнее п. Ачуево увеличиваются до 25 см/с. Вдоль восточной части южного берега преобладают скорости 7–10 см/с, лишь у мыса в районе впадения Кубани возрастают до 0,2 м/с, а по мере приближения к Керченскому проливу увеличиваются до 0,3–0,5 м/с. Вдали от кос и узостей и центра амфидромии в море доминируют скорости 5–10 см/с.

При двухузловой сейше в центре первой амфидромии (между устьем Кубани и п. Ачуево) скорости возрастают до 15–20 см/с, а максимум – у мыса юго-западнее п. Ачуево – до 0,35 м/с. У центра второй амфидромии, в районе Арабатской стрелки, скорости составляют 8–10 см/с, увеличиваются по направлению на СЗС к Утлюкскому лиману до 15–20 см/с, с максимумом западнее оконечности косы Бирючий остров более 0,6 м/с, а в самом Утлюкском лимане – 12–15 см/с. Максимальные скорости (если не считать район вблизи открытой границы модели, где возможны большие искажения) имеют место в восточной половине бухты Казантипская, где скорости составляют 50–70 см/с, у восточной оконечности мыса перед входом в бухту возрастают до 1,5–1,7 м/с (максимум до 2 м/с,) а восточнее бухты – до 1,5 м/с. В западной части бухты скорости 0,3–0,7 м/с, а западнее западного (относительно бухты) мыса снова возрастают до 1,5 м/с. В центральной части моря вдали от кос, узостей и центров амфидромий, а также в Таганрогском заливе доминируют скорости 5–10 см/с. В кутовых частях, образуемых косами бухт (у западных и северо-западных берегов кос Обиточная, Бердянская, Белосарайская, Кривая), из-за формируемых амфидромической системой пониженных уровней образуются направленные

в эти зоны течения с повышенными скоростями. Скорости у западных берегов этих кос составляют: Обиточная – 30–40 см/с, максимум более 55 см/с западнее оконечности косы; Бердянская – 30–40 см/с, максимум до 75 см/с западнее оконечности косы; Белосарайская – 25–30 см/с, максимум до 0,55 м/с; Кривая – 15–20 см/с, максимум 35 см/с; Беглицкая – 10–15 см/с, максимум 0,25 м/с.

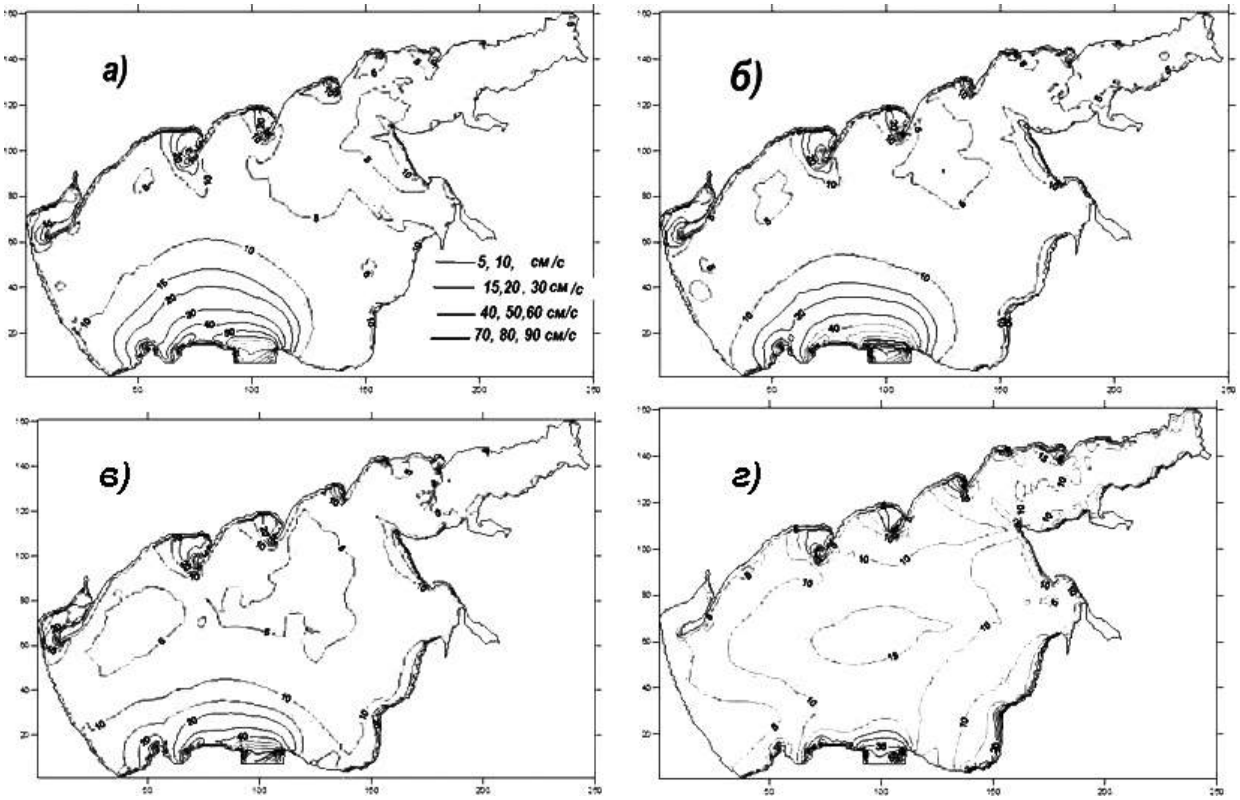


Рис. 1. Распределение изотах максимальных скоростей течений при одно- (а), двух- (б), трех- (в) и пятиузловой (г) сейше

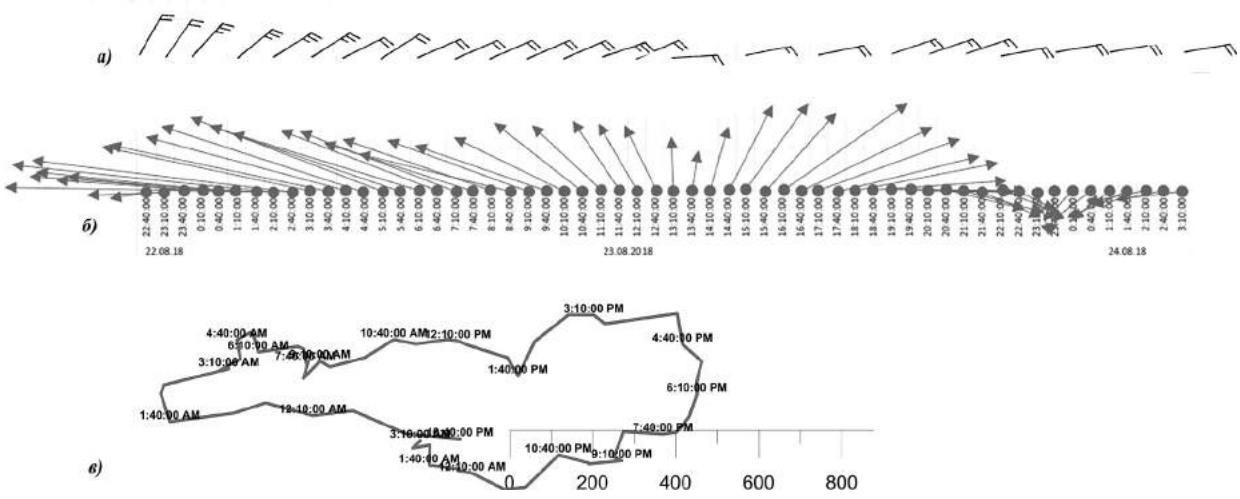


Рис. 2. Векторная диаграмма ветра (а), течений (б) и векторно-прогрессивная диаграмма течений на ст. 8 (в)

Зоны максимальных за период 3-узловой сейши (12,1 ч) скоростей также в основном приурочены к центрам амфидромий. В Таганрогском заливе по мере приближения к амфидромической точке в западной части залива (в 8 милях на юго-запад от оконечности косы Кривая) скорости возрастают от 3–5 до 10–15 см/с. В центре второй амфидромии (у северо-восточного берега Крымского полуострова) скорости возрастают до 40–70 см/с, а наибольшие значения в районе бухта Булганак – мыс Борзовка, у восточного мыса перед входом в Казантипский залив, а также у западного мыса перед входом в эту же бухту, соответственно 90, 130 и 125 см/с. Эти значения максимальных за период трехузловой сейши скоростей оказались наибольшими во всем море. В районе центра

третьей амфидромии (у входа в Утлюкский лиман) скорости составили 20–40 см/с, (максимум западнее оконечности косы Бирючий остров –80 см/с). В самом Утлюкском лимане скорости были в пределах 10–20 см/с. Весьма значительны максимальные скорости течений в бухтах, образуемых косами Обиточная, Бердянская, Белосарайская и Кривая, у своих западных и северо-западных берегов. Так, на акваториях западнее этих кос скорости составили: Обиточная – 20–50 см/с (максимум более 70 см/с западнее оконечности косы); Бердянская –20–40 см/с (максимум 90 см/с западнее оконечности косы); Белосарайская – 20–40 см/с (максимум 60 см/с); Кривая – 10–15 см/с (максимум 35 см/с). Относительно высокие скорости отмечены на акватории восточнее Мариуполя, где они составили 15–20 см/с (максимум 50 см/с). Существенные скорости наблюдаются вдоль западного (юго-западного) берега косы Долгая (15–20 см/с, максимум более 40 см/с у северо-западной оконечности косы), а также вдоль ЮВ побережья моря (20–30 см/с, максимум 50 см/с у мыса юго-западнее п. Ачуево). В зонах пучностей, занимающих практически всю центральную часть моря, а также в восточной половине Таганрогского залива максимальные скорости течений для этой моды не превышали 5 см/с, а в западной части Таганрогского залива составили 5–10 см/с.

Для 4-узловой сейши приуроченность наибольших по акватории моря максимальных скоростей сейшевых течений к центрам амфидромий остается. Так, по мере приближения к амфидромической точке на восточной половине моря скорости увеличиваются от 5–15 до 50–60 см/с. В районе центра второй амфидромии, на акватории, прилегающей к Казантипскому заливу, и в самом заливе скорости составляют 50–70 см/с (максимум 90 см/с западнее западного относительно залива мыса) и 70–90 см/с восточнее от залива мыса. На акватории перед входом к Утлюкский лиман, являющейся центром третьей амфидромии, скорости составили 20–50 см/с (максимум более 90 см/с в проливе западнее оконечности косы Бирючий остров). В самом Утлюкском лимане скорости составили 10–20 см/с. На акватории, прилегающей к побережью между Таганрогом и Петрушино, у центра последней, четвертой амфидромической системы скорости составили 15–20 см/с, хотя на всей остальной части Таганрогского залива максимальные скорости течений для этой моды не превысили 5 см/с. Значительны скорости течений на акваториях западнее косы Обиточная (20–50 см/с, максимум 80 см/с); западнее косы Бердянской (10–20 см/с, максимум более 50 см/с); западнее косы Белосарайская (15–20 см/с, максимум 40 см/с). На остальной (бóльшей) части моря доминируют скорости 10–15 см/с.

В центре первой амфидромии пятиузловой сейши, приуроченной к западной половине моря, скорости увеличиваются до 15–20 см/с (максимум 0,4 м/с). У косы Обиточная скорости возрастают до 0,3–0,5 м/с (максимальные 75 см/с); у косы Долгая – 0,2–0,3 м/с (максимум 0,6 м/с); у косы Сазальницкая – 0,2–0,3 м/с, максимум 35 см/с. Вдоль побережья скорости составили 25–40 см/с и выше. В узостях максимальные скорости составили: у оконечностей Белосарайской косы – 91 см/с; Бердянской косы – более 0,4 м/с; Обиточной косы – более 0,7 м/с; косы Кривая – более 0,3 м/с; у восточного мыса перед входом в Казантипский залив – почти 1,1 м/с.

Инерционные течения. Инерционные волны по наблюдениям обнаружены в океане, а также во многих морях и крупных озерах. К инерционным осцилляциям относят движение частично обособленного объема воды, которое осуществляется по инерции после того, как прекратились действия возмущающей силы, и этот объем воды стремится к сохранению заданного направления движения в пространстве. В глубоких морях инерционные движения в верхнем однородном слое обычно охватывают вертикальные масштабы порядка нескольких десятков метров, а горизонтальные порядка – 1–3 км. Движение при этом осуществляется по спирали или кругу, обычно в направлении вращения часовой стрелки. Период полного оборота частиц по кругу или по спирали равен половине маятниковых суток $T = 12ч/\sin\varphi$, где φ – широта места [2; 8; 9]. Для выявления и оценки инерционных течений в Азовском море в навигационный сезон 2018 г. мы провели серии измерений течений в различных районах Азовского моря (рис. 2, табл. 1). Для Таганрогского этот период равен 16,41 ч, а для южной части Азовского моря – 17 ч.

Таблица 1. Данные по инерционным течениям Азовского моря, 2017–2018 гг.

Номер станции	Координаты		Горизонт, м	Глубина места, м	Скорость течения	
	долгота	широта			Средняя	Максимальная
18 (48)	37,6225	46,8083	4,3	5,9	28,1	46,9
21 (20)	38,984	47,0003	2,0	3,9	7,0	15,0
12	39,0509	47,2335	1,6	3,4	8,0	35,0
8	37,6402	46,8252	4,3	5,9	22,1	46,9
14	36,781	45,5424	9,4	11,0	6,4	13,5
17	35,8299	45,4945	8,2	11,7	18,7	23,5
8	37,6478	46,8287	2,7	6,1	12,8	21,4
3	38,7031	47,003	4,3	5,5	18,8	33,7
14	36,8192	45,5419	6,6	11,5	13,0	22,9

Выполненные измерения течений в Азовском море свидетельствуют о том, что в период проведения работ доминировали течения инерционных волн (рис. 2), а течения иных волн заметно не проявлялись. Поэтому, если мы регистрируем течения на инерционном периоде, то это будут течения инерционных волн. Это видно по характеру течений – движение по малым окружностям или, при построении траекторий по данным с определенной дискретностью, дуги заменяются на отрезок по прямой – получаются «петли», состоящие из этих отрезков. При этом течения, вернее их направления, совершенно не зависели от направления ветров, наблюдавшихся при измерений течений. Средние скорости наблюдавшихся инерционных течений в Азовском море менялись от 13–18 до 22–28 см/с, а максимальные скорости достигали 35–46 см/с. (табл. 1). Эти скорости несколько ниже скоростей инерционных течений, наблюдавшихся в Атлантическом океане, в Черном и Каспийском морях, где максимальные скорости их составили 50–60 см/с, а средние – 20–25 см/с [2; 3]. Согласно [3], в прибрежной зоне частотная структура течений инерционных волн может меняться, а скорости могут достигать 100–150 см/с.

Роль инерционных волн в динамике вод морского бассейна достаточно высока, и согласно [3] их энергия, например, в Каспийском море может достигать 60 % энергии переменных течений. Экспериментально установлено, что в океанах и морях такие волны регистрируются от поверхности до горизонта 5000 м, однако наибольшие скорости волновых течений наблюдаются в верхнем слое воды (50–100 м) [2]. В таких случаях эти волны могут оказывать силовое давления не только на дно моря, усиливая размыв и эрозии прибрежного склона, но и на гидротехнические сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов В.П., Филиппов Ю.Г. Основные черты динамики вод Азовского моря и Керченского пролива // Тр. ГОИН. 1978. Вып. 139. С. 11–20.

2. Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н. Изменчивость гидрофизических полей Чёрного моря. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 240 с.

3. Бондаренко А.Л. Течения Каспийского моря и формирование поля солености вод Северного Каспия. М.: Наука, 1993. С. 122.

4. Бронфман А.М. Некоторые черты циркуляции вод на устьевом взморье Дона при сгонах // Тр. ГОИН. 1964. Вып. 78.

5. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 3. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 220 с.

6. Крукиер Л.А. Математическое моделирование гидродинамики Азовского моря при реализации проектов реконструкции его экосистемы // Математическое моделирование. 1991. Т.3. С. 3–20.

7. Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И. Численные исследования сейшевых колебаний уровня Азовского моря // Океанология. 2009. Т. 49. № 4. С. 485–493.

8. Морозов Е.Г. Океанские внутренние волны. М.: Наука, 1985. 151 с.

9. Филатов Н.Н. Динамика озер. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 166 с.

10. Филиппов Ю.Г. Об одном способе расчета морских течений // Тр. ГОИН. 1970. Вып. 103. С. 87–94.

11. Фомин В.В., Иванов В.А. Совместное моделирование течений и поверхностного волнения в Керченском проливе // Морской гидрофизический журнал. 2007. № 5. С. 3–22.

12. Чикин А.Л. Трехмерная задача расчета гидродинамики Азовского моря // Математическое моделирование. 2001. Т. 13. № 2. С. 87–92.

ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ КОНВЕКТИВНОГО ХАРАКТЕРА В РАЙОНЕ ТАГАНРОГА ЗА 20 ЛЕТ

А.Р. Иошпа, А.О. Стрюцкая, В.А. Коротун
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
aioshpa@yandex.ru

Из опасных явлений погоды (ОЯП), зафиксированных на территории Таганрога, наиболее значимыми как по частоте наблюдения, так и по воздействию на жизнедеятельность и производственные сферы являются такие ОЯП, как конвективная облачность и связанные с ней явления погоды.

Наиболее мощные конвективные облака, обладающие огромным потенциалом кинетической энергии, значительным тепло- и влагозапасом, нередко проникают в стратосферу, а компенсирующие нисходящие воздушные потоки являются причиной возникновения шквалистого усиления ветра и смерчей, усугубляющих ущерб от сильных ливней и града. Быстротечность и локальность мощных конвективных процессов, сложность их прогнозирования определяют необходимость тщательного анализа мезомасштабных изменений полей метеоэлементов в зоне развития конвекции, их взаимодействия с подстилающей поверхностью (орографическими особенностями региона) [1–3].

В основу исследований положены архивные данные ежечасных метеорологических наблюдений, взятые из дневников погоды аэродрома Таганрог, и архивные данные из фондов Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) за период с 1995 по 2014 г.

Для определения условий развития конвективных явлений была детально рассмотрена атмосферная циркуляция и выделены типовые синоптические процессы: а) холодный фронт; б) холодный фронт с волнами; в) фронт окклюзии; г) волновой циклон; д) развитый циклон; е) высотный циклон.

В работе приводятся статистические данные о повторяемости синоптических процессов, с которыми связано образование кучево-дождевой облачности, и опасных явлений погоды, связанных с ней.

Грозы на побережье Таганрогского залива наблюдаются в течение всего года, но их повторяемость в отдельные месяцы неодинакова. Из таблицы 1 видно, что первые грозы наблюдаются в апреле, последние – в октябре, максимум приходится на июль.

Таблица 1. Число дней с опасными явлениями погоды конвективного характера

Число дней	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Гроза												
Среднее	–	–	–	1	1	7	6	4	1	1	–	–
Наибольшее	–	–	–	3	5	13	12	8	6	2	–	–
Град												
Среднее	–	–	–	–	0,3	0,4	–	–	–	–	–	–
Наибольшее	–	–	–	–	4	2	–	–	–	–	–	–
Максимальная скорость ветра (V, м/сек)												
Наибольшая	30	40	28	43	24	36	26	25	36	20	27	26
Годы	2002	1997	1998	1997	2013	1995	2003	2006	2014	2014	2007	2014

В отдельные годы в районе Таганрога наблюдаются грозы и в холодный период года в неустойчивых воздушных массах и на атмосферных фронтах (см. табл. 1).

В суточном ходе наибольшая повторяемость гроз наблюдается во вторую половину дня и ночью. В первую половину дня грозы редки и, как правило, носят фронтальный характер. Большинство гроз в этом районе связано с фронтальными разделами, преимущественно с вторичными холодными фронтами. Грозы, как правило, кратковременны – в 35–40 % случаев их продолжительность составляет от 1 до 3 часов. В большинстве своем грозы сопровождаются выпадением ливневых осадков, которые отличаются кратковременностью и локальностью протекания. Максимальное количество выпавших осадков за последние 20 лет на рассматриваемой территории составило 64,0 мм за 12 ч (17.06.2006).

Выпадение града в основном связано с интенсивным развитием кучево-дождевой облачности. Однако редкая сеть метеорологических станций и постов на побережье Таганрогского залива не может зафиксировать

все случаи выпадения града. За период с 1995 по 2014 г. в городе наблюдалось 69 случаев выпадения града. За этот же исследуемый период повторяемость кучево-дождевой облачности составила порядка 973 случаев, из них с выпадением ливневых дождей – 673, грозами – 534, шквалами – 236. Таким образом, повторяемость града составляет 0,7 % повторяемости кучево-дождевой облачности.

Наибольшая повторяемость выпадения града приходится на период с май по сентябрь, 61 % случаев выпадения града наблюдался с 12 до 20 час. Время выпадения града составляло от 3 до 14 мин, в среднем 5 мин. Диаметр выпадавшего града от 3 до 12 мм.

Смерчи, как и шквалы, – явления, очень редко наблюдающиеся в районе Таганрога. Так, за 20-летний период зафиксирован один катастрофический смерч 25 июня 1998 г. Самый сильный шквалистый ветер за исследуемый период в районе Таганрога наблюдался при грозе 25 мая 2013 г. и достигал 27 м/с.

Основной вывод состоит в том, что наиболее часто опасные явления погоды, связанные с конвективной облачностью, возникают при прохождении холодных фронтов.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 18-05-80082 «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панфутова Ю.А. Опасные явления погоды на равнинной части Российской Федерации // Тр. ГГО. 2008. Вып. 556. С. 145–156.

2. Назаренко А.В. Опасные природные явления. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2008. 62 с.

3. Мазуров Г.И., Акселевич В.И., Иошпа А.Р. Учение об атмосфере. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2019. 132 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕРЧЕВЫХ ОБЛАКОВ НАД ЧЁРНЫМ МОРЕМ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ЗА ПЕРИОД 2014–2016 гг.

О.В. Калмыкова
ФГБУ «НПО "Тайфун"» , г. Обнинск, Калужская обл.
kov@feerc.ru

Смерчи – частое явление на российской акватории Чёрного моря в теплый конвективный период с мая по октябрь. По сообщениям очевидцев ежегодно над морем регистрируются около 40–50 смерчей, а суммарное количество дней со смерчами примерно соответствует одному месяцу (http://www.eswd.eu/). По спутниковым данным для рассматриваемого региона был проведен анализ характеристик материнских облаков смерчей, регистрировавшихся с 2014 по 2016 г. В качестве исходных данных для расчета характеристик использовались данные со спутников серии Meteosat Second Generation – Meteosat-10 и Meteosat-11, которые обрабатывались специализированным программным обеспечением SAFNWC/MSG v.2013 (http://www.nwcsaf.org/).

Каждому смерчу была сопоставлена материнская ячейка (рис. 1). Выделение границ ячеек осуществлялось с использованием разработанного метеорологической службой Франции алгоритма RDT (Rapid Developing Thunderstorms) [Autones et al., 2005], который предполагает задание адаптивного порога обнаружения каждой ячейки по результатам анализа распределения радиояркостной температуры спектрального диапазона с центром 10,8 мкм (BT10.8).

В перечень анализируемых характеристик ячеек вошли: максимальная и минимальная BT10.8 в пределах области ячейки, а также их разность, средняя BT10.8 ячейки, коэффициенты расширения и охлаждения области ячейки, продолжительность жизни ячейки на момент формирования из нее смерча, скорость и направление ее перемещения, природа ячейки и стадия ее жизненного цикла, а также наличие купола – вершины ячейки, располагающейся выше уровня тропопаузы.

Из рисунка 2 видно, что в целом все рассмотренные температурные параметры имели довольно большой разброс значений. Максимальная BT10.8 (рис. 2а) варьировалась от –48 до 15 °С, а на гистограмме выделялись диапазоны трех локальных максимумов: [–34 °С, –30 °С], [–8 °С, –4 °С] и [7 °С, 11 °С], – соответствующие наиболее часто встречающимся значениям температурного порога.

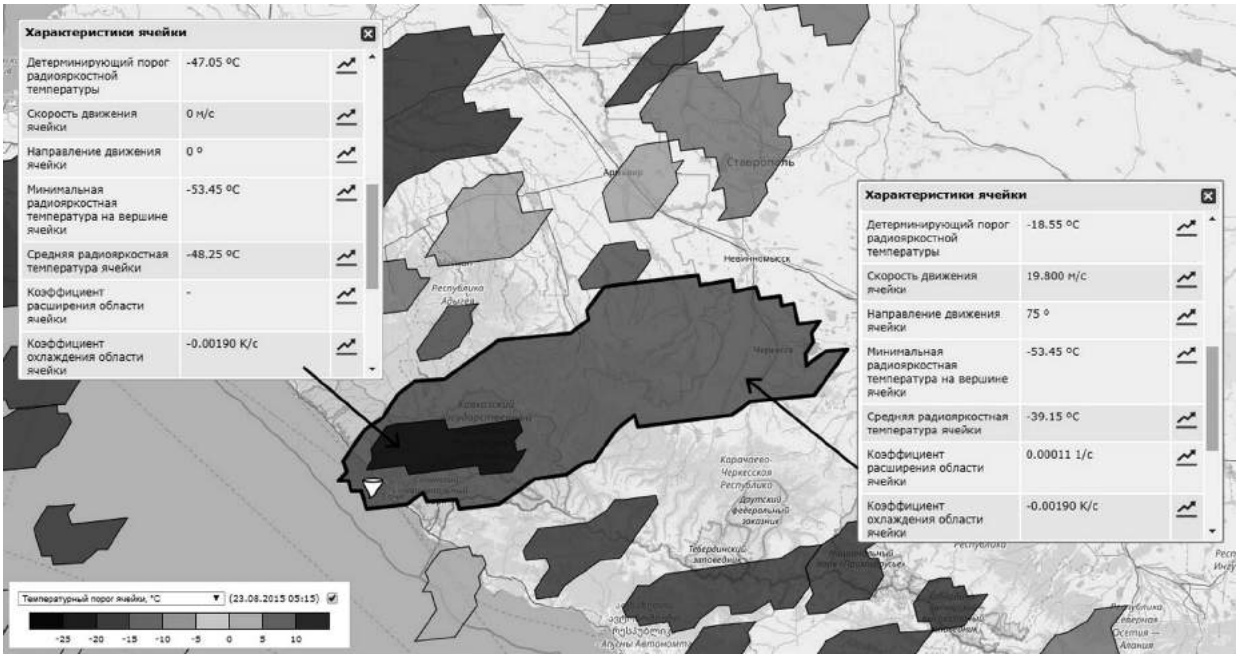


Рис. 1. Материнская ячейка с вышележащей более холодной ячейкой (вершиной) для смерча 23 августа 2015 г. вблизи г. Сочи

Минимальная BT10.8 (рис. 2б) варьировалась от –58 до 8 °C. На соответствующей гистограмме прослеживались два преобладающих диапазона [–50 °C, –35 °C] и [–10 °C, 0 °C], характеризующие соответственно облака с высокой верхней границей облачности (ВГО) и более слабо развитые по вертикали облака, для которых ВГО не так высока.

Разность между максимальной и минимальной BT10.8 (рис. 2в) распределялась практически по экспоненциальному закону. В большинстве случаев она не превышала 17 °C. Средняя BT10.8 (рис. 2г) варьировалась от –51 до 13 °C, а ее распределение по форме более напоминало равномерное.

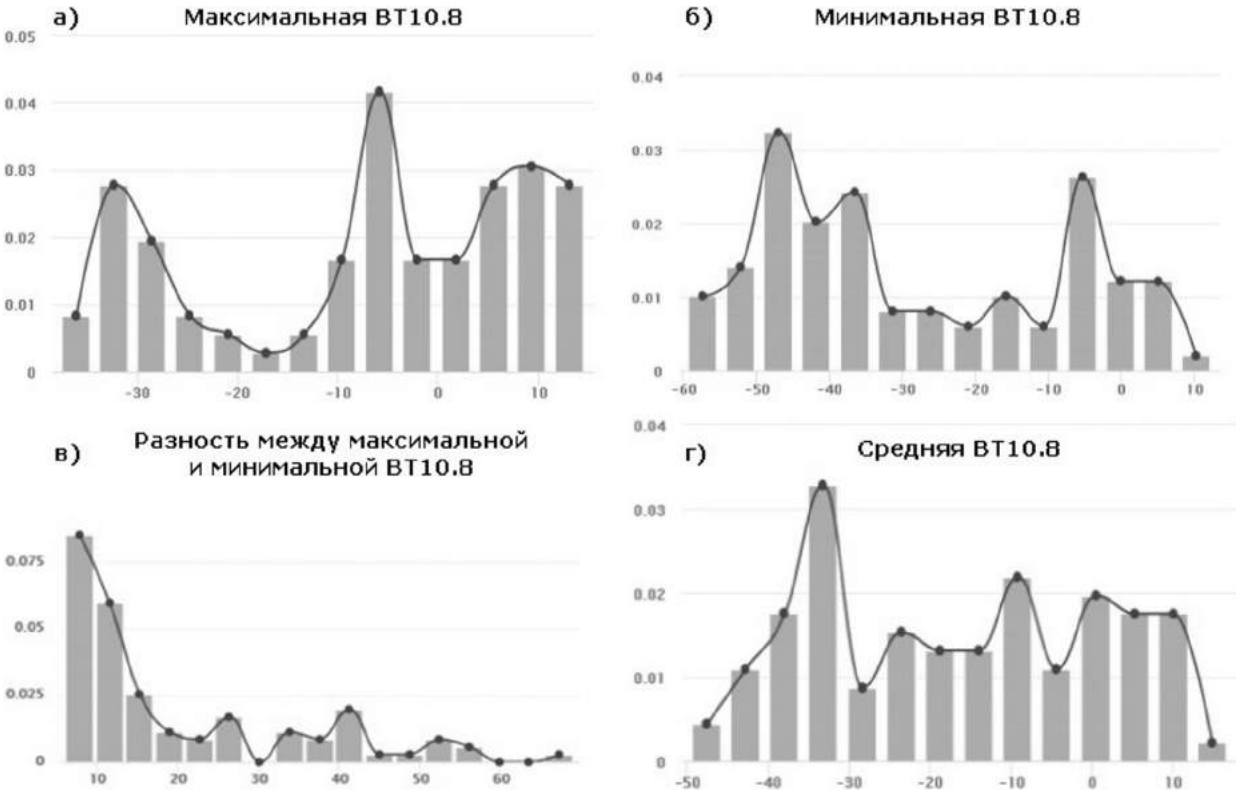


Рис. 2. Гистограммы распределения значений температурных параметров ячеек смерчей (по оси абсцисс – значение BT10.8 в °C)

Значения коэффициентов расширения и охлаждения имели распределение, по форме схожее с нормальным (рис. 3а, б). На гистограмме коэффициента расширения выделялся явный максимум, расположенный вблизи нулевого значения. Большая часть значений при этом лежала в положительной области, что говорит о том, что формирование смерчей происходило в условиях увеличения горизонтальных размеров их материнских ячеек. Что касается коэффициента охлаждения, то для него на гистограмме также выделялся явный максимум, расположенный уже в области отрицательных значений. Таким образом, в моменты возникновения смерчей минимальная BT10.8 большинства ячеек понижалась, то есть облако вытягивалось вверх.

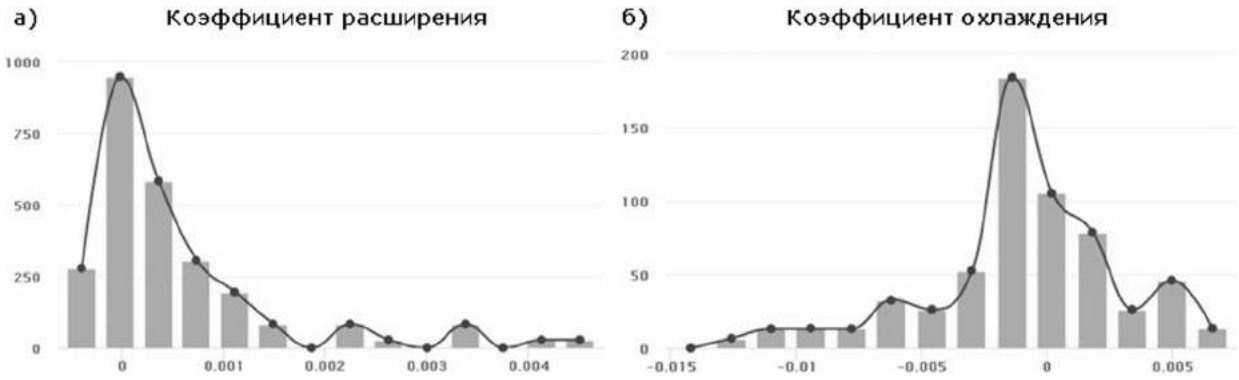


Рис. 3. Гистограммы распределения значений коэффициентов расширения (а) и охлаждения (б) ячеек смерчей (а – по оси абсцисс значение коэффициента в 1/с, б – по оси абсцисс значение коэффициента в °С/с)

Значения продолжительности жизни ячеек на момент формирования из них смерчей распределялись практически по экспоненциальному закону. Для основной массы ячеек эта продолжительность не превышала 3 часов. Чаще всего смерчи образовывались в интервале 0–30 мин от начала жизни ячейки. Для 11 ячеек момент регистрации смерча совпадал с моментом их первого обнаружения по спутниковым данным.

Скорость перемещения ячеек варьировалась от 0 до 31 м/с (рис. 4а). Максимум распределения приходился на диапазон 3–6 м/с. Что касается направления перемещения, то оно в основном было ориентировано на северо-восток или восток (рис. 4б). Данная ориентация согласуется с известными данными о преобладающем северном и северо-восточном направлении перемещения циклонов и активных волновых возмущений, в условиях которых формируется подавляющее большинство смерчей в России [Снитковский, 1987].

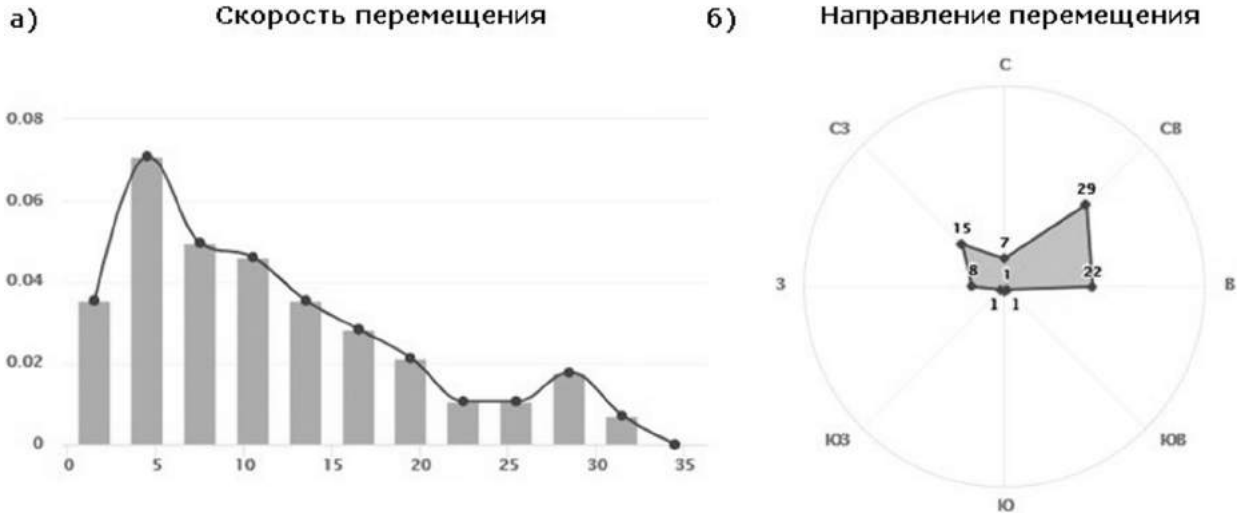


Рис. 4. Гистограмма распределения значений скорости перемещения ячеек смерчей (по оси абсцисс – скорость, м/с) (а) и распределение ячеек по направлению их перемещения (б)

Классификация ячеек по природе происхождения осуществлялась с использованием встроенной в алгоритм RDT линейной дискриминантной функции. Для впервые обнаруженных 11 материнских ячеек смерчей классификация не производилась. Среди оставшихся 84 ячеек 30 были классифицированы как конвективные, 21 ячейка отнесена к классу неконвективных, для 33 ячеек определить природу их происхождения не удалось (рис. 5а). Большинство смерчей возникало в моменты, когда их материнское облако находилось в стадии роста, в меньшей степени – в стадии зрелости (рис. 5б).

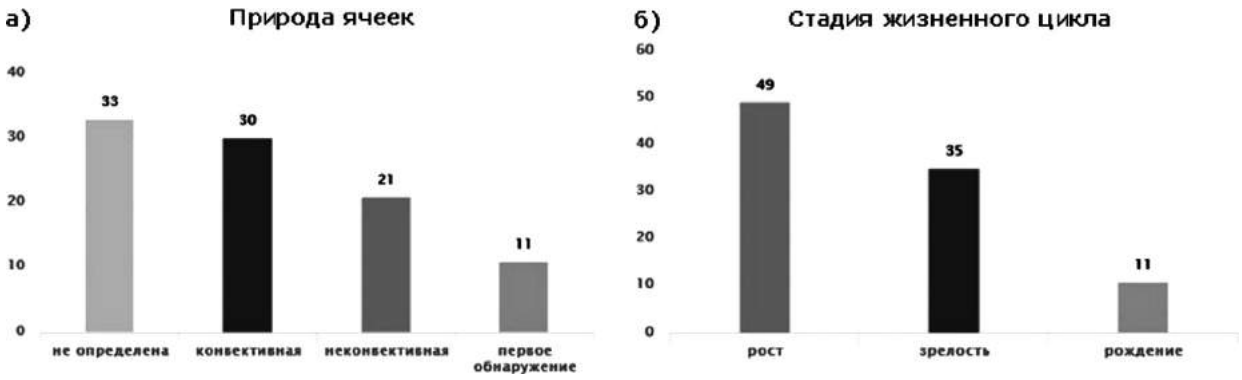


Рис. 5. Распределение ячеек смерчей по категориям природы (а) и по стадиям жизненного цикла (б)

Анализ динамики температурных параметров материнских ячеек смерчей показал, что для большинства ячеек момент возникновения смерча совпадал или был близок к моменту достижения максимума разности между максимальной и минимальной BT10.8. По-видимому, этот момент соответствовал и достижению максимальной вертикальной протяженности облака. Как правило, в этот момент отмечался и минимум BT10.8 ячейки. Для остальных параметров подобных закономерностей установить не удалось.

Для всех ячеек, классифицированных как конвективные, в пределах их границ выделялась область минимальных значений BT10.8, соответствующих наиболее холодной части облака, которая впоследствии фигурировала как отдельная ячейка (рис. 1). Выделение подобных вышележащих ячеек свидетельствует о ярко выраженной вершине облака. Случаев пробоя тропопаузы для материнских ячеек смерчей выявлено не было. Для определения высоты тропопаузы использовались результаты расчетов по модели GFS с шагом сетки 0,5°.

Таким образом, в ходе проведенной работы отмечены большие вариации температурных параметров смерчевых облаков над Чёрным морем. Выявлена преобладающая согласованность момента достижения максимальной вертикальной протяженности облака и максимальной ВГО по радиояркостной температуре с моментом формирования смерча. Определены основные черты материнских ячеек смерчей, согласующиеся с известными данными: активный рост, небольшая скорость и северо-восточное или восточное направление перемещения, в большинстве случаев конвективная природа происхождения и наличие ярко выраженной вершины облака.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-01-00300).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снитковский А.И. Смерчи на территории СССР // Метеорология и гидрология. 1987. № 9. С. 12–25.

2. Autones F., Senesi S., Morel C. Tuning the Rapid Developing Thunderstorm product for Meteosat Second Generation, and comparing to GOES-East and to Rapid Scan Service // The World Weather Research Program Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting: abstracts of conference. Toulouse (France), 2005. URL: http://www.meteo.fr/cic/wsn05/resumes_longs/2.02–70.pdf.

МОНИТОРИНГ ИОНОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 2014–2018 гг.

М.И. Карпов[1, 2], О.П. Борчевкина[1, 2], И.В. Карпов[1, 2], Г.А. Якимова[1], Н.А. Коренькова[1]

[1] Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИ РАН), г. Калининград
[2] Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград
mikhailkarpov@hotmail.com

Введение

Верхняя атмосфера Земли характеризуется нерегулярным чередованием спокойных и возмущенных состояний на фоне устойчивых регулярных суточных и сезонных вариаций. Основными возмущающими факторами являются Солнце (посредством волнового излучения, солнечного ветра и межпланетного магнитного поля), а также процессы в нижних слоях атмосферы, в первую очередь в тропосфере. Исследования воздействия динамических источников, расположенных в нижних слоях атмосферы, таких как ураганы, тайфуны, тропические циклоны и пр., показывают их воздействие на ионосферу в виде разнообразных эффектов. К ним относятся перемещающиеся ионосферные возмущения, возмущения электрического поля, полного электронного содержания, возникновения оптических эмиссий, явлений F-рассеивания и др. с пространственными масштабами до нескольких сотен километров и временами существования от нескольких часов до 1–2 суток в зависимости от интенсивности, продолжительности и масштаба события [Isaev et al., 2002; Polyakova and Perevalova, 2013; Chou et al., 2016; Li et al., 2017]. Мониторинг метеорологических событий, меньших по масштабу и интенсивности, таких как быстрые понижения атмосферного давления в регионе или усиления скорости ветра, также показывают реакцию ионосферы в виде изменений полного электронного содержания и электронной концентрации в максимуме F2-слоя, т.е. на высотах порядка 250–350 км [Depuev and Depueva, 2010; Borchevkina and Karpov, 2017].

Несмотря на многочисленность экспериментальных работ, единого морфологического описания наблюдаемых эффектов не существует, в первую очередь из-за многообразия самих эффектов, различных пространственных и временных масштабов событий и их интенсивности. Для развития систем мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и ионосферы в периоды образования и развития метеорологических возмущений требуются дальнейшие экспериментальные исследования. Получение, обработка и интерпретация полученных данных позволит выявить характерные особенности протекания метеорологических событий.

В настоящей работе представлен анализ наблюдений вариаций параметров нижней и верхней атмосферы во время усиления метеорологической активности в Калининградском регионе в период 2014–2018 гг.

Методы

Для исследования ионосферных эффектов метеорологических возмущений были отобраны события, когда в Калининградской области наблюдались усиления порывов ветра, достигавшие более 17 м/с. В целях исключения влияния геомагнитной активности на вариации ионосферы рассматривались только события, когда индекс геомагнитной активности не превышал 3, а Dst-индекс не опускался ниже –25 нТл. Всего было рассмотрено 10 событий продолжительностью 1–2 суток.

В качестве данных для анализа использовались измерения критической частоты F2-слоя ионосферы (foF2, МГц), характеризующего максимум в вертикальном профиле электронной концентрации, по данным ионозонда «Парус-А» КФ ИЗМИ РАН, а также измерения полного электронного содержания (total electron content, сокр. TEC) по данным приемника сигналов GPS. В качестве дополнительного источника данных использовались измерения станции, находящейся рядом с г. Ольштын, Польша.

Для анализа возмущений foF2 и TEC были определены отклонения величин в каждый конкретный момент времени относительно скользящей медианы, отцентрированной на день рассматриваемого дня, с окном 13 суток до и после события:

$$dx_i = \frac{x_i - \overline{x}}{\overline{x}} \cdot 100\%, \ \overline{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}, \text{ где } i = -13 \ldots +13, \ n = 27.$$

Стандартное отклонение величин определено как

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_i^n (x_i - \overline{x})^2}.$$

Результаты

На рисунке 1 представлены измерения атмосферных и ионосферных параметров в Калининграде и Ольштыне за период 7–13 января 2015 г. К 10 января атмосферное давление снижается и достигает ~740 мм. рт. ст. В этот день наблюдается усиление ветра, и к 21:00 порывы скорости ветра (параметр ff3) достигают 21 м/с. На протяжении следующих 15 ч сила ветра остается в пределах 7–8 баллов по шкале Бофорта. 12–13 января давление возвращается к нормальному, порывы ветра изредка достигают 16 м/с.

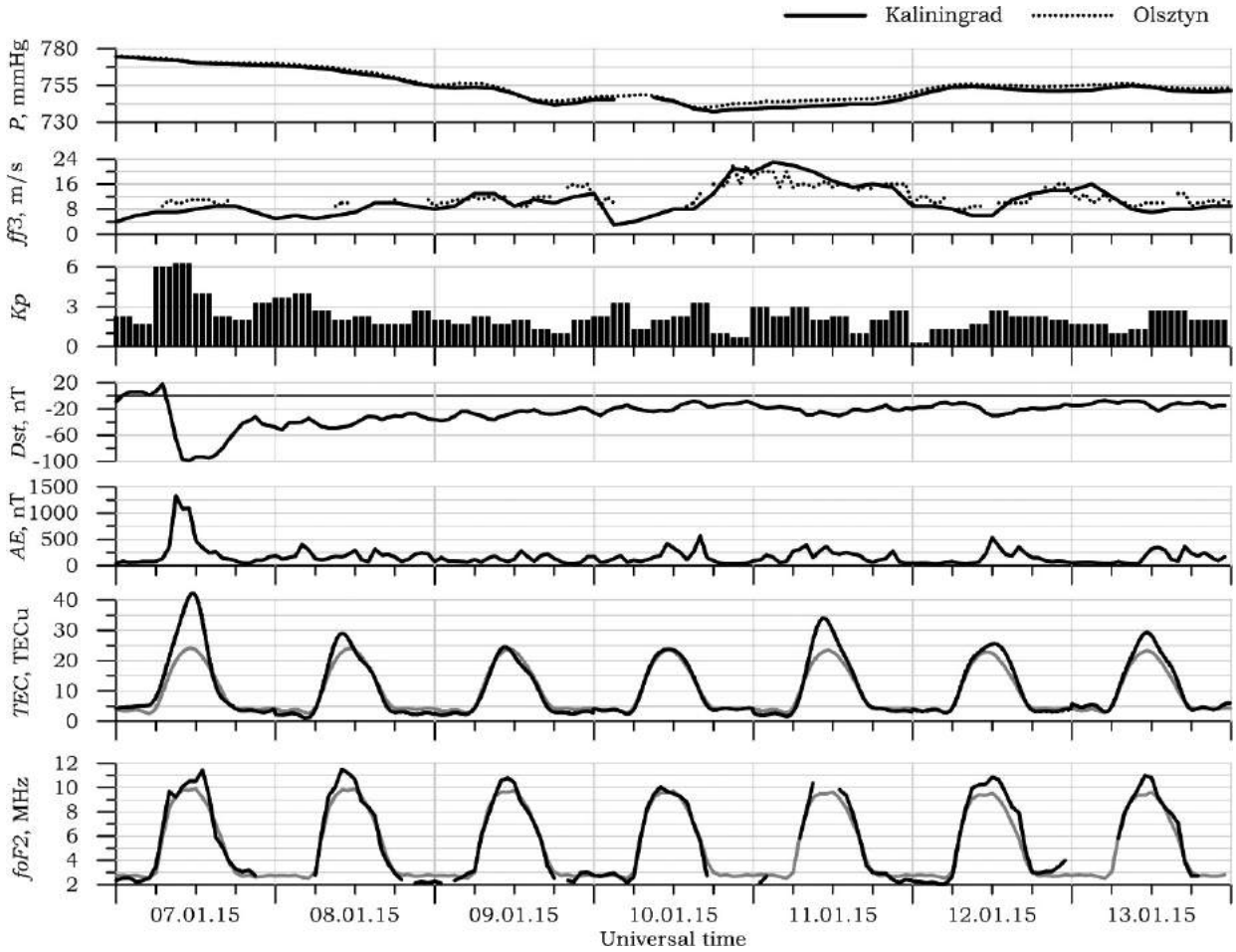


Рис. 1. Вариации давления, порывов скорости ветра, индексов геомагнитной активности Kp, Dst и AE, а также TEC и foF2 по данным измерений в Калининграде и Ольштыне 7–13 января 2015 г. Серыми линиями обозначены медианные значения

После суббури 7 января, характеризовавшейся резким ростом AE-индекса, падением Dst-индекса до –100 нТл и увеличением индекса Kp выше 6, геомагнитная обстановка в следующие дни остается спокойной. Kp-индекс 9–13 января не превышал 3,3, индекс Dst не менялся более чем на 20 нТл в течение суток. Повышенные значения TEC и foF2 7–8 января отражали реакцию ионосферы на возмущенную геомагнитную активность, после чего возвращались к медианным значениям. В период с 8:40 до 11:40 11 января, когда сила ветра достигла максимальных значений, наблюдался резкий рост значений TEC в пределах 29–49 % относительно медианных значений за 27-дневный период, что соответствует 1,6–2,4σ. Оценить возмущения foF2 в этот день не представляется возможным из-за отключения ионозонда от подачи электропитания, вызванного штормовыми условиями. В послеполуденные часы 12 и 13 января также наблюдаются увеличения TEC около 27 %, foF2 на 36 % и 12 % относительно фоновых значений соответственно.

Анализ других аналогичных событий за период 2014–2018 гг. показал, что в трех из 10 случаев наблюдались возмущения TEC, вдвое превышавшие стандартные отклонения величины, что соответствовало ~50 % от медианных значений. В четырех рассмотренных событиях возмущения составили от 1,5 до 2,0σ, и только в трех случаях не было зарегистрировано существенных отклонений TEC. Наиболее сильные возмущения были зарегистрированы во время усиления ветра на фоне низкого атмосферного давления. Во всех случаях наблюдалась временная задержка между усилением скорости ветра и появлением ионосферных эффектов, составившая 2–3 ч. Возмущения критической частоты F2-слоя обычно были выражены менее сильно, чем воз-

мущения полного электронного содержания, и составляли порядка 1,6–2,2σ. При этом были зарегистрированы как положительные возмущения (увеличения TEC и foF2 относительно фоновых значений), так и отрицательные (уменьшения величин) отклонения. Их время существования варьировалось от 1,5 до 3 ч.

Обсуждение и выводы

При изучении метеорологического влияния на ионосферу рассматривается роль волновых процессов. Прохождение атмосферных фронтов, образование мезомасштабной турбулентности, струйных потоков и прочие метеорологические процессы в нижней атмосфере являются источниками генерации акустико-гравитационных волн (АГВ) [Fritts and Alexander, 2003]. По мере распространения АГВ от приземного источника их амплитуда нарастает вследствие уменьшения плотности с ростом высоты. Условия распространения волн в атмосфере также характеризуются быстрым ростом температуры, связанным с усилением диссипативных процессов с увеличением высоты. Процессы диссипации в значительной мере определяют возможности вертикального распространения волн и высоту, до которой может распространяться атмосферная волна. Теоретические исследования показывают, что метеоисточники возбуждают сравнительно короткопериодные АГВ [Snively and Pasko, 2003]. Инфразвуковые волны и АГВ с периодами, близкими к периоду Вяйсяля – Брента, распространяясь из области возбуждения практически вертикально, могут достигать высот термосферы и ионосферы [Schubert et al., 2005]. Диссипация таких волн приводит к формированию локальных областей нагрева термосферы, что влияет на динамику и ионизационно-рекомбинационные процессы ионосферы [Karpov and Kshevetskii, 2017] и приводит к наблюдаемым эффектам.

В настоящем исследовании показано, что при увеличении порывов ветра до 17 м/с и более наблюдаются значительные изменения полного электронного содержания ионосферы в 70 % случаев при спокойной геомагнитной активности. Амплитуда возмущений составляет от 1,5 до 2,4 стандартных отклонений величины относительно медианных значений. Установлена временная задержка, составившая ~3 ч между усилениями порывов ветра и появлением ионосферных эффектов. Проведенное исследование вариаций ионосферы в периоды усиления метеорологической активности в Калининградской области в 2014–2018 гг. подтверждает устойчивую взаимосвязь между различными слоями атмосферы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 19-45-393002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Borchevkina O.P., Karpov I.V. Ionospheric Irregularities in Periods of Meteorological Disturbances // Geomagnetism and Aeronomy. 2017. Vol. 57. No. 5. P. 624–629.

2. Chou M.Y., Lin C.C.H., Yue J., et al. Concentric traveling ionosphere disturbances triggered by Super Typhoon Meranti (2016) // Geophysical Research Letters. 2017. Vol. 44. No. 3. P. 1219–1226.

3. Depuev V.H., Depueva A.H. Reaction of the critical frequency of the F2 layer to a sharp depletion in atmospheric pressure // Geomagnetism and Aeronomy. 2010. Vol. 50. No. 6. P. 804–813.

4. Fritts D.C., Alexander M.J. Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere // Reviews of Geophysics. 2003. Vol. 41. No. 1.

5. Isaev N.V., Sorokin V.M., Chmyrev V.M., et al. Disturbance of the electric field in the ionosphere by sea storms and typhoons // Cosmic Research. 2002. Vol. 40. No. 6. P. 547–553.

6. Karpov I., Kshevetskii S. Numerical study of heating the upper atmosphere by acoustic-gravity waves from a local source on the Earth's surface and influence of this heating on the wave propagation conditions // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2017. Vol. 164. P. 89–96.

7. Li W., Yue J., Yang Y., et al. Analysis of ionospheric disturbances associated with powerful cyclones in East Asia and North America // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2017. Vol. 161. P. 43–54.

8. Martinis C.R., Manzano J.R. The influence of active meteorological systems on the ionosphere F region // Annali di Geofisica. 1999. Vol. 42. No. 1. P. 1–7.

9. Schubert G., Hickey M. P., Walterscheid R. L. Physical processes in acoustic wave heating of the thermosphere // Journal of Geophysical Research. 2005. Vol. 110. D07106.

10. Snively J.B., Pasko V.B. Breaking of thunderstorm-generated gravity waves as a source of short-period ducted waves at mesopause altitudes // Geophysical Research Letters. 2003. Vol. 30. No. 24. P. 2254.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПАВОДКА НА р. АДАГУМ (г. КРЫМСК) 6–7 ИЮЛЯ 2012 г.

А.Д. Колупаева[1], О.М. Макарьева[1,2], Н.В. Нестерова[1,3]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
[2] Институт мерзлотоведения им. М.П. Мельникова СО РАН, г. Якутск
[3] Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург
alya.kolupaeva.97@mail.ru

Введение

Черноморское побережье России, а также прилегающие территории характеризуется повышенным риском прохождения опасных природных явлений, в первую очередь катастрофических паводков, сформированных выпадением ливневых осадков. Высокая плотность населения региона, интенсивное использование земель в целях сельского хозяйства, туристическая привлекательность увеличивают риски материальных потерь и человеческих жертв в экстремальных ситуациях. Примером такого катастрофического события стал паводок 6–7 июля 2012 г. в бассейне реки Адагум. Он привел к человеческим жертвам и колоссальному ущербу: число пострадавших превысило 34 тыс. чел., погиб 171 чел., совокупный для Краснодарского края ущерб составил 20 млрд руб. [https://ru.wikipedia.org].

Гидрологическая сеть региона значительно сократилась в последние десятилетия, часто при прохождении паводков гидрологические посты разрушаются [Лурье и др., 2005], а оцененные величины расходов по меткам высоких вод имеют неоднозначный характер из-за заторных явлений, вызванных корчеходом. По данным [Болгов, Коробкина, 2013], прогноз опасных гидрологических явлений с заблаговременностью, достаточной для принятия эффективных мер, весьма сложен и затратен, но крайне необходим.

Анализ факторов, вызвавших паводок на р. Адагум в 2012 г., и его хронологическое описание приведено в работах [Матишов и др., 2014; Котляков и др., 2012], результаты моделирования паводка описаны в работе [Болгов, Коробкина, 2013].

Целью работы является верификация гидрологической модели «Гидрограф» в условиях формирования стока в бассейне р. Адагум, а также моделирование катастрофического паводка на р. Адагум 6–7 июля 2012 г.

Объект исследования

Объектом исследования является водосбор реки Адагум – г. Крымск (площадь 336 км^2). Река Адагум образуется при слиянии рек Баканка и Неберджай, протекает по территории Крымского района Краснодарского края и впадает в Варнавинское водохранилище, принадлежит бассейну р. Кубань [Лурье и др., 2005]. Климат района близок к умеренному. Для ближайших метеостанций Крымск и Новороссийск среднегодовая температура воздуха составляет 15,5 и 12,7 °С соответственно, а годовое количество осадков – 696 и 840 мм. Гидрологический режим реки характеризуется интенсивными паводками в осенне-зимний период и устойчивой летней меженью.

Методы исследования

В работе использовалась распределенная детерминированная гидрологическая модель формирования стока «Гидрограф» [Виноградов, Виноградова, 2010]. В работах [Макарьева и др., 2018, 2019] приведены результаты верификации модели «Гидрограф» для рек Черноморского побережья Кавказа, среди них реки Туапсе, Вулан, Адерба и Дюрсо. Основным результатом указанных работ является вывод о том, что модель «Гидрограф» применима для расчетов стока и максимальных расходов воды в климатических условиях региона, характеризующихся выпадением ливней высокой интенсивности. Показано, что результаты расчетов в значительной мере зависят от входной информации о распределении осадков в пределах расчетных водосборов.

Входными данными для модели «Гидрограф» служит стандартная метеорологическая информация – суточные величины температуры и влажности воздуха, количества осадков. Для расчетов срочных максимальных расходов воды используются данные плювиографов [Макарьева и др., 2018] и климатических моделей, например WRF (Weather Research and Forecasting modeling system) [Колупаева и др., 2019; Баранов и др., 2003]. Схематизация водосбора проведена с использованием ландшафтных и почвенных карт, на основе которых выделялись стокоформирующие комплексы (СФК). Основные растительные и почвенные параметры были заимствованы из работ Макарьевой [2018, 2019] для соответствующих СФК. Интерполяция осадков в горных условиях производилась при нормировании суточных сумм осадков по их годовой среднемноголетней величине с учетом высоты местоположения расчетных точек.

Результаты

Для верификации параметров модели было проведено моделирование процессов формирования стока с суточным шагом р. Адагум за период 1966–2014 гг. В расчете использованы метеорологические данные метеорологических станций (м/с) Новороссийск и Крымск.

Оценка эффективности расчетов стока воды производилась путем сравнения рядов рассчитанных расходов воды с наблюденными значениями на основе величины критерия Нэша – Сатклиффа (NS) [Nash, Sutcliffe, 1970]. Максимальная величина критерия эффективности NS для суточных расходов воды достигает 0,73, минимальная – 0,23, средняя – 0,40. Среднее квадратическое отклонение (СКО) за весь период расчета составило 15,9 м^3/с. На основе анализа критерия NS и сравнения рассчитанных и наблюденных элементов водного баланса результаты моделирования стока в бассейне р. Адагум могут быть признаны удовлетворительными.

Для моделирования на часовом интервале катастрофического паводка 6–7 июля на реке Адагум использовались метеорологические данные, заимствованные из работы [Болгов, Коробкина, 2013]. Сумма осадков за период с 7 часов 6 июля до 7 часов 7 июля на м/с Новороссийск составила 275 мм, на м/с Крымск – 156 мм. Максимальная интенсивность осадков достигала 35–45 мм в час. Расчеты с использованием модели «Гидрограф» позволили оценить максимальный срочный расход воды р. Адагум – 1300 м^3/с (рис. 1). Согласно расчетам, за период паводка на водосбор р. Адагум выпало 283 мм осадков, слой стока составил 130 мм, достигая 14 мм/час в период прохождения максимального расхода воды.

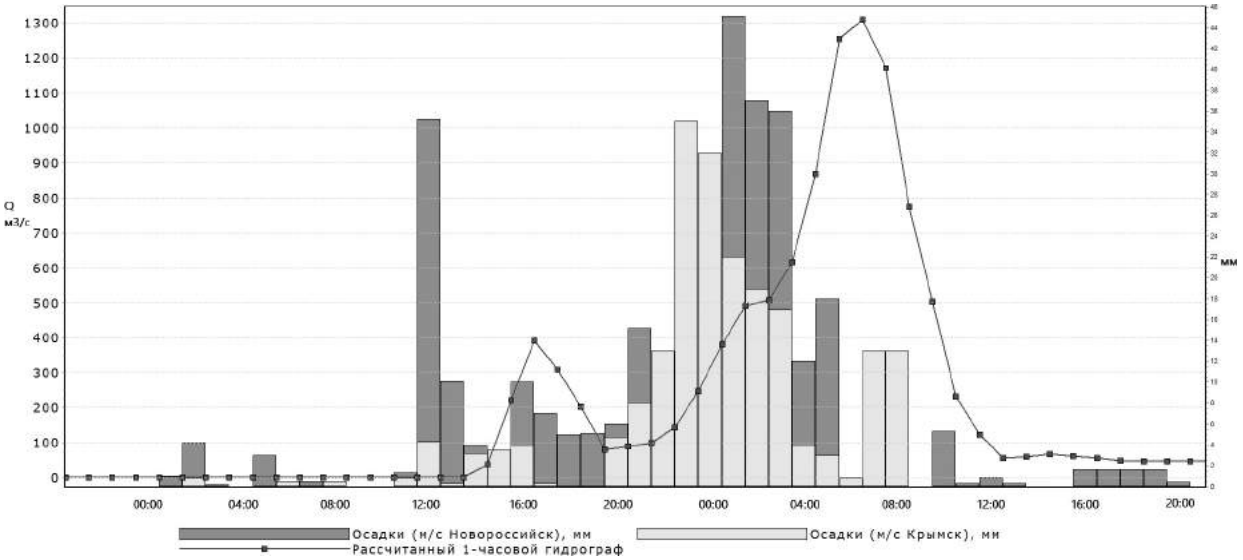


Рис. 1. Рассчитанная величина паводка 6–7 июля 2012 г.

В таблице 1 представлено сравнение полученной величины максимального расхода воды р. Адагум с данными наблюдений и результатами расчета на основе программного комплекса SWMM (Stormwater Management Model – модель управления ливневым стоком) [Болгов, Коробкина, 2013].

Таблица 1. Максимальный расход паводка 6–7 июля 2012 г. на р. Адагум

Метод оценки	Значение, м^3/с
По меткам высоких вод	1500
Программный комплекс SWMM [Болгов, Коробкина, 2013]	1350
Модель «Гидрограф»	1300

Выводы

Представлены результаты расчета катастрофического паводка на р. Адагум на основе гидрологической модели «Гидрограф». Для расчетов выполнена схематизация и параметризация водосбора р. Адагум, гидрологическая модель верифицирована на основе суточных рядов наблюдений за стоком. Рассчитанная величина максимального расхода соответствует порядку наблюденной и рассчитанной по другим методикам. Ранее авторами в работе [Колупаева и др., 2019] была показана возможность расчета срочных расходов воды с использованием входных данных мезомасштабной модели погоды, что позволяет учитывать локальное распространение осадков на территории. Таким образом, при наличии детальных данных об осадках модель «Гидрограф» позволяет воссоздать катастрофическое событие, а при наличии прогнозных метеорологических данных – и выполнять прогноз стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: https://ru.wikipedia.org (дата обращения: 13.05.2019).

2. Барабанов В.С., Ефимов В.В., Шокуров М.В. Об использовании мезомасштабной модели для расчета полей приводного ветра и осадков над Чёрным морем // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2003. 2 (7). С. 177–189.

3. Болгов М.В., Коробкина Е.А. Реконструкция дождевого паводка на реке Адагум на основе математических моделей формирования стока // Водное хозяйство России. 2013. № 3. С. 87–102.

4. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии: уч. пос. М.: Академия, 2010. 304 с.

5. Колупаева А.Д., Макарьева О.М., Нестерова Н.В., Шихов А.Н. Расчет катастрофических паводков на территории Черноморского побережья с использованием гидрологической модели «Гидрограф» и климатической модели WRF // В кн.: Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации. Сб. тезисов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 246–247. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37202426

6. Котляков В.М., Лихачева Э.А., Десинов Л.В., Коронкевич Н.И., Маккавеев А.Н., Медведев А.А., Долгов С.В. Наводнение 6–7 июля 2012 года в г. Крымске // Известия РАН. Серия географическая. М., 2012. № 6. С. 80–88.

7. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань. Гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. 499 с.

8. Макарьева О.М., Виноградова Т.А., Нестерова Н.В., Виноградов А.Ю., Бельдиман И.Н., Колупаева А.Д. Моделирование катастрофических паводков в бассейне р. Туапсе // Гео риск. 2018. Т. 12. Вып. 3. С. 34–45.

9. Макарьева О.М., Нестерова Н.В, Виноградова Т.А., Бельдиман И.Н., Колупаева А.Д. Расчет характеристик катастрофических паводков неизученной реки Цемес (г. Новороссийск, Черноморское побережье России) на основе гидрологической модели «Гидрограф» // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019. (принята к печати)

10. Матишов Г.Г., Клещенков А.В., Шевердяев И.В. Катастрофический паводок на Западном Кавказе в июле 2012 года: причины и последствия // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 4. 2014. С. 291–303.

11. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models. Part I – A discussion of principles // Journal of Hydrology. 1970. Vol. 10. No. 3. 17. P. 282–290.

КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА РЯДА ТЕКТИТОВ, ИМПАКТНЫХ СТЕКОЛ И МЕТЕОРИТОВ

А.Н. Кравцова[1], Л.В. Гуда[1], А.А. Гуда[1], С.П. Кубрин[2], М.И. Мазурицкий[3], Д.Д. Бадюков[4], А.Л. Тригуб[5], А.В. Солдатов[1]

[1] Международный исследовательский институт интеллектуальных материалов, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

[2] Научно-исследовательский институт физики, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

[3] Физический факультет, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

[4] Институт геохимии и аналитической химии им В.И. Вернадского РАН, г. Москва

[5] НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва

akravtsova@sfedu.ru

Падение метеоритов относится к числу опасных природных явлений. С другой стороны, метеориты являются важнейшим источником информации о ранних стадиях формирования и эволюции Солнечной системы, поэтому комплексная диагностика их элементного и фазового составов и особенностей строения представляет несомненный научный интерес. Наиболее распространенным классом метеоритов являются обыкновенные хондриты, однако их комплексные исследования элементного и фазового составов, в том числе анализ их распределения на микромасштабном уровне, всё еще достаточно редки.

Одна из целей представляемой работы заключалась в комплексной диагностике элементного и фазового составов, а также определении зарядового состояния железа и никеля шести обыкновенных хондритов: Markovka, Polujamki, Dhofar 020, Sayh Al Uhaymir 001, Jiddat Al Harasis 055 и Jiddat Al Harasis 073. Хондриты

Markovka и Polujamki были обнаружены в 1967 и 1971 гг. соответственно, на территории Российской Федерации, тогда как метеориты Dhofar 020, Sayh Al Uhaymir 001, Jiddat Al Harasis 055 и Jiddat Al Harasis 073 были найдены в 2000-х гг. на территории Омана. Комплексное исследование изучаемых хондритов было проведено впервые. Далее будут описаны результаты комплексной диагностики метеоритов Markovka (H4 петрологический тип), Polujamki (H4 тип) и Jiddat Al Harasis 055 (L4-L5 петрологический тип).

Комплексная диагностика хондритов была проведена на основе рентгеновского микрофлуоресцентного (микроРФА) анализа, мёссбауэровской спектроскопии, рентгеновской спектроскопии поглощения в ближней к краю области (XANES), а также инфракрасной (ИК) спектроскопии. МикроРФА выполнен на микрофлуоресцентном спектрометре M4 TORNADO (Bruker) с пространственным разрешением 25 мкм. В работе использовался микроРФА-анализ, поскольку образцы метеоритов являются негомогенными. Мёссбауэровские спектры были зарегистрированы на спектрометре MS1104Em. ИК-спектры были получены при комнатной температуре на воздухе с помощью фурье-спектрометра Vertex70 (Bruker) в отражении с использованием приставки нарушенного полного отражения (ATR) с алмазным кристаллом. Спектры рентгеновского поглощения XANES за K-краями железа и никеля хондритов и образцов сравнения (оксиды FeO, α-Fe_2O_3, металлический Ni) были зарегистрированы в режиме «на прохождение» на линии BM31 Европейского центра синхротронных исследований – ESRF (г. Гренобль, Франция).

В исследуемых образцах хондритов Markovka, Polujamki и Jiddat Al Harasis 055 были обнаружены такие химические элементы, как Fe, Mg, Al, Si, S, Ca, Ti, Cr, Mn, Ni; также в хондрите Markovka был обнаружен K, а в Polujamki – P и As. Поскольку образцы метеоритов являются химически негомогенными материалами, на основе микроРФА были построены карты распределения химических элементов, наблюдаемых на поверхности образцов.

Анализ Fe-содержащих фаз метеоритов был выполнен на основе мёссбауэровской спектроскопии. Было обнаружено, что во всех образцах изучаемых хондритов содержится оливин и гетит с небольшим количеством пироксена и гематита. Также в хондритах Markovka и Polujamki было обнаружено небольшое содержание фаз троилита и камасита.

Интерес при исследовании метеоритов вызывает зарядовое состояние железа, так как на его значение влияют физико-химические процессы формирования метеоритов. В недавно сформированных метеоритах железо может существовать в форме Fe^0 в Fe-Ni-металле, Fe^{2+} –в силикатах и сульфидах и Fe^{3+} – в филлосиликатах и магнетите. При окислении с течением времени Fe^0 и Fe^{2+} трансформируется в богатые Fe^{3+} кристаллические фазы. В работе зарядовое состояние железа было оценено на основе совместного анализа данных мёссбауэровской спектроскопии и спектроскопии XANES [Кравцова, 2018]. Причем на основе анализа Fe *K*-XANES спектров зарядовое состояние Fe было определено несколькими методами: методом точного анализа положения краев спектров XANES хондритов (анализ химического сдвига) и методом анализа предкраевой особенности спектров, описанным в работе [Wilke, 2001].

Согласно данным мёссбауэровской спектроскопии, среднее зарядовое состояние Fe в хондрите Jiddat Al Harasis 055 равно +2,5, а в хондритах Markovka и Polujamki +2,6. Согласно анализу Fe *K*-XANES спектров, среднее зарядовое состояние Fe в хондритах Markovka, Polujamki, Jiddat Al Harasis 055 было оценено как +2.4. Анализ Ni *K*-XANES спектров позволил определить, что никель в хондритах Markovka, Polujamki, Jiddat Al Harasis 055 находится в состоянии 2+.

На основе анализа ИК-спектров показано, что хондриты Markovka, Polujamki, Jiddat Al Harasis 055 подверглись сильной ударной деформации.

Более детально результаты изучения хондритов Markovka, Polujamki, Jiddat Al Harasis 055 описаны в работе [Кравцова, в печати].

Другим интересным классом природных объектов являются горные породы ударного генезиса – тектиты и импактиты. Тектиты – природные силикатные стекла, которые разбросаны на протяженных полях, простирающихся на тысячи квадратных километров. Четырьмя главными полями рассеяния тектитов являются поля: среднеевропейское, австралоазиатское, североамериканское и Берег Слоновой Кости. Принято считать, что тектиты образуются в результате высокоскоростных выбросов расплавов на ранних стадиях формирования ударных кратеров, возникших в результате крупных ударно-взрывных соударений астероидов с Землей. Особенностью кратерообразующих процессов является также образование импактных стекол или импактитов вследствие плавления целевых пород после ударного взаимодействия. Импактиты имеют более сложную историю их формирования и являются результатом плавления различных типов горных пород, расположенных на различных глубинах в земной коре.

Еще одной целью представляемой работы являлось определение зарядового состояния и координационных чисел железа для дальнейшей оценки параметров образования (P, T, f_{O2}) ряда тектитов и импактных стекол. Объектами исследования явились 12 образцов, охватывающих генетическую серию тектитов и импактных стекол, включающую тектиты с аэродинамической формой (индошинит, австралит), тектиты типа Муонг-Нонг,

молдавит, а также импактные стекла из кратера Жаманшин (Казахстан) – иргизиты, кислые и основные жаманшиниты. Все исследуемые образцы тектитов и импактных стекол принадлежат Метеоритной коллекции Российской академии наук. Химический состав образцов был изучен с помощью электронного микроскопа Jeol JXA 8530-F в NHM (Вена). Зарядовые состояния железа определены на основе анализа спектров рентгеновского поглощения XANES. Метод спектроскопии XANES для диагностики атомной и электронной структуры материалов описан, например, в работе [Кравцова и др., 2018].

Спектры рентгеновского поглощения за К-краем железа были зарегистрированы методом «на прохождение» в НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва). Анализ зарядового состояния железа в исследуемых образцах тектитов и импактных стекол из кратера Жаманшин был выполнен на основе анализа предкраевой особенности Fe *K*-XANES спектров по методу, описанному в работе [Wilke, 2001], а также на основе анализа положения края рентгеновского поглощения Fe *K*-XANES спектров. Для подобного анализа положения краев рентгеновского поглощения *K*-XANES спектров тектитов и импактных стекол с неизвестным зарядовым состоянием железа сопоставлялись с положениями краев спектров рентгеновского поглощения образцов сравнения с хорошо известным зарядовым состоянием железа – Fe^0, $Fe^{2+}O$, α-$Fe^{3+}_2O_3$, γ-$Fe^{3+}_2O_3$, $Fe^{2+,3+}_3O_4$. Зарядовое состояние железа исследуемых тектитов было близко к значению +2. Для импактных стекол из кратера Жаманшин, зарядовое состояние Fe исследуемых иргизитов было равно ~+2,2, кислого жаманшинита – около +2,3. Наибольшее зарядовое состояние железа наблюдалось для образцов основных жаманшинитов – +2,3, +2,6, +2,8. Также в работе на основе анализа протяженной тонкой структуры спектров рентгеновского поглощения (EXAFS) были оценены координационные числа железа импактных стекол из кратера Жаманшин.

Результаты исследования зарядового состояния и координационных чисел железа импактных стекол из кратера Жаманшин описаны в работе [Kravtsova, 2019].

В заключение можно сказать, что полученные в работе данные об обыкновенных хондритах важны с точки зрения накопления статистических данных о метеоритах этого класса и в дальнейшем могут быть использованы для понимания процессов их формирования. Полученные данные о зарядовом состоянии железа в тектитах и импактных стеклах из кратера Жаманшин могут быть полезны для дальнейшего определения условий их образования (P, T, f_{O2}) и взаимосвязи между различными породами.

Работы выполнены в рамках государственного задания № 16.3871.2017/4.6 при финансовой поддержке Минобрнауки России. Авторы выражают благодарность А.А. Терещенко за помощь в регистрации ИК-спектров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуда Л.В., Кравцова А.Н. и др. Комплексное исследование ряда обыкновенных хондритов на основе рентгеновских методик и Мессбауэровской спектроскопии // Оптика и спектроскопия. (В печати).

2. Kravtsova A.N., Guda L.V. et al. Iron oxidation state of impact glasses from the Zhamanshin crater studied by X-ray absorption spectroscopy // Rad. Phys. Chem. (In press). DOI: 10.1016/j.radphyschem.2018.12.017.

3. Кравцова А.Н., Гуда Л.В. и др. Диагностика 3D локальной атомной структуры наноструктурированных материалов на основе спектроскопии XANES // Журнал структурной химии. 2018. Т. 59. № 7. С. 1749–1765.

4. Wilke M., Farges F. et al. Oxidation state and coordination of Fe in minerals: An Fe K-XANES spectroscopic study // Am. Mineral. 2001. Vol. 86. P. 714–730.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА КЕРЧЕНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Д.О. Кривогуз
Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь

Основными типами склоновых процессов Керченского полуострова, согласно классификации Варнса [Cruden, Varnes, 1996; Hungr, Leroueil, Picarelli, 2014], в центральной части полуострова, в районе строящейся автотрассы «Таврида», являются консеквентные оползни и оползни скольжения. В береговой зоне полуостро-

ва преобладают абразионно-обвальные и абразионно-осыпные явления, локально – оползни скольжения [Krivoguz, Bespalova, 2017; Матишов и др., 2016; Пешков, 2015].

Рельеф Керченского полуострова можно охарактеризовать как степное холмогорье. Восточная и северная части полуострова отличаются от южной и западной более холмистым рельефом и более значительными перепадами высот [Позаченюк, 2015].

Климат Керченского полуострова сухой, умеренно жаркий, континентального типа. По климатическим условиям он находится в районе, характеризующимся засушливостью, умеренно жарким летом, мягкой зимой, прохладной весной и теплой осенью. Средняя годовая температура воздуха 11 °С. Годовое количество осадков составляет 459 мм [Krivoguz, Burtnik, 2018].

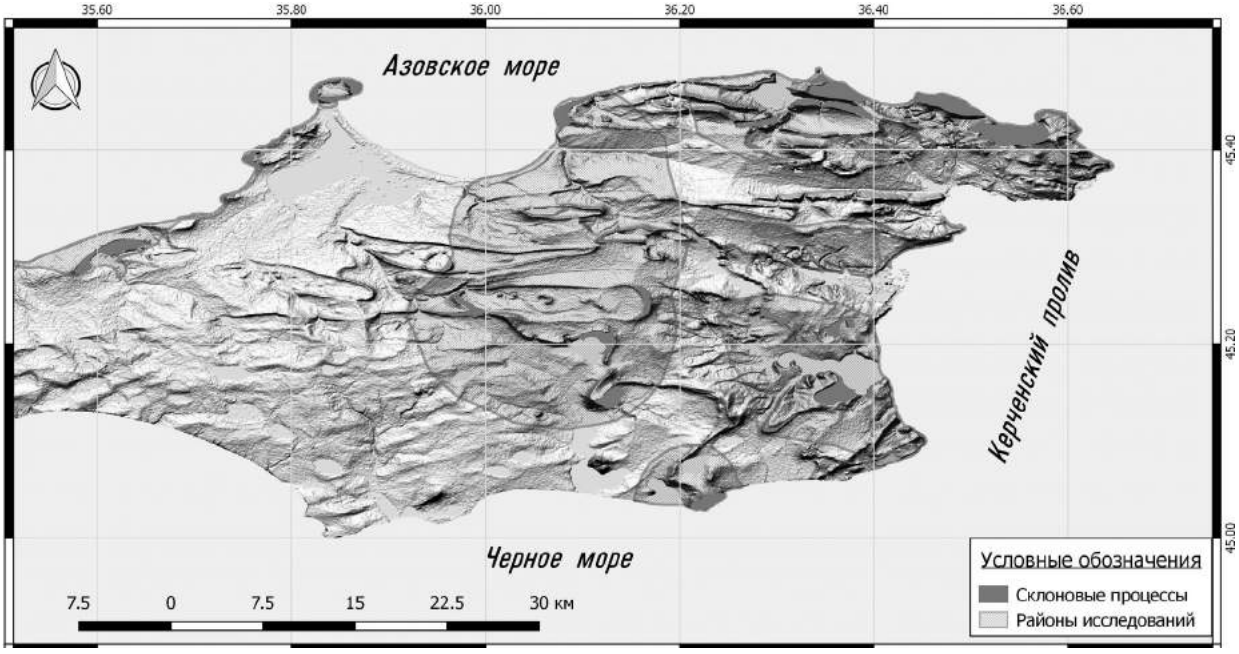


Рис. 1. Схематическое представление района исследований

Для анализа были выбраны 8 факторов, в той или иной мере оказывающих влияние на склоновые процессы на Керченском полуострове: высота над уровнем моря, крутизна склона, индекс баланса геомасс, близость к дорожной сети и поверхностным водотокам, NDVI и тип почвенного покрова. Принцип выбора факторов основывался как на вовлеченности самого показателя в склоновый процесс, так и на имеющихся данных, характеризующих его [Кривогуз, 2018; Фоменко, 2014]. Источники данных, на основании которых проводился анализ, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Источники используемых данных

№	Вид данных	Источник данных
1	Высота, крутизна склонов, индекс мощности потока, индекс баланса геомасс	Данные цифровой модели рельефа SRTM (NGIA и NASA)
2	Удаленность от водотоков и гидрографической сети	Данные SRTM Water Body Data (NGIA и NASA)
3	Растительный покров (NDVI)	Данных спутниковых снимков Landsat 5, 7 и 8 с 2010 по 2017 г. в период вегетации
4	Типы почв	Данные атласа Республики Крым (2003 г.)
5	Удаленность от транспортной сети	Данные снимков DigitalGlobe, а также базы данных Open Street Map

Как видно из рисунка 2, наибольшая взаимосвязь прослеживается между высотой над уровнем моря и крутизной склона (0,26), а также между высотой и близостью к водотокам на полуострове (0,24). Относительно высокая корреляция высоты и крутизны склона обусловливается в первую очередь тем, что крутизна является первой производной высоты над уровнем моря.

Положительные значения коэффициента корреляции между высотой и близостью к водотокам говорит о высокой концентрации водотоков в непосредственной близости к возвышенностям. Все эти 3 фактора связа-

ны с тем, что поверхностные водотоки на полуострове имеют преимущественно сезонный характер и питаются за счет атмосферных осадков, что при увеличении крутизны склона позволяет им аккумулироваться в низинах. Следует также отметить, что так как коэффициент корреляции r между этими факторами находится в пределах от 0,1 до 0,3, то по шкале Чеддока эту взаимосвязь можно охарактеризовать как слабую. Данный аспект приводит к выводу, что анализируемые показатели не связаны между собой, принимают участие в общем процессе протекания склонового процесса и являются независимыми.

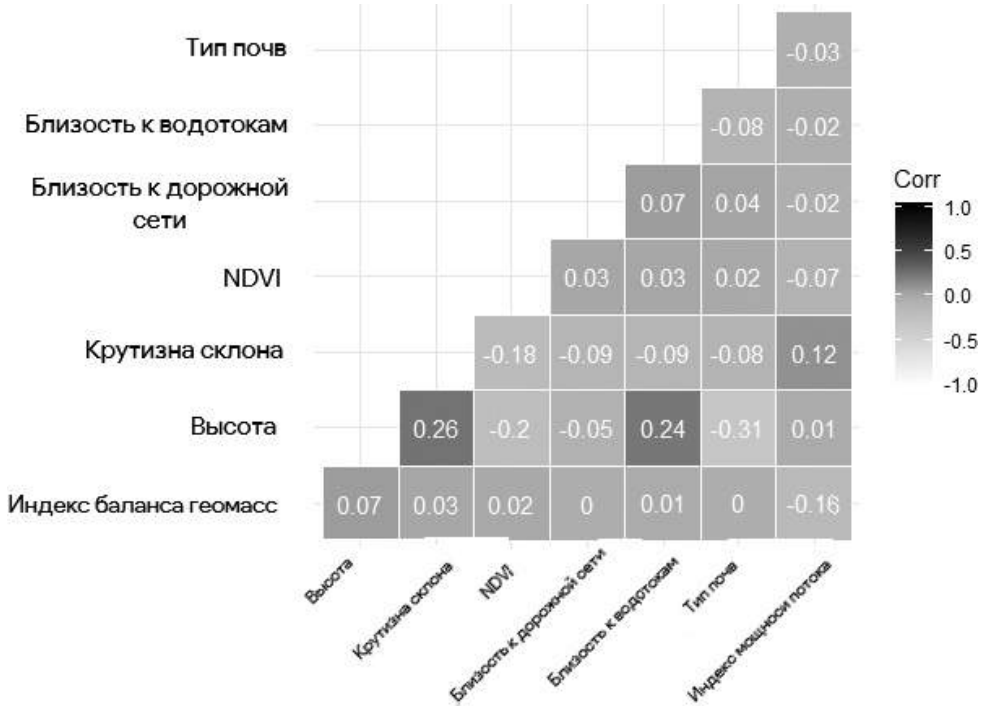


Рис. 2. Корреляционная диаграмма взаимосвязи факторов, влияющих на склоновые процессы

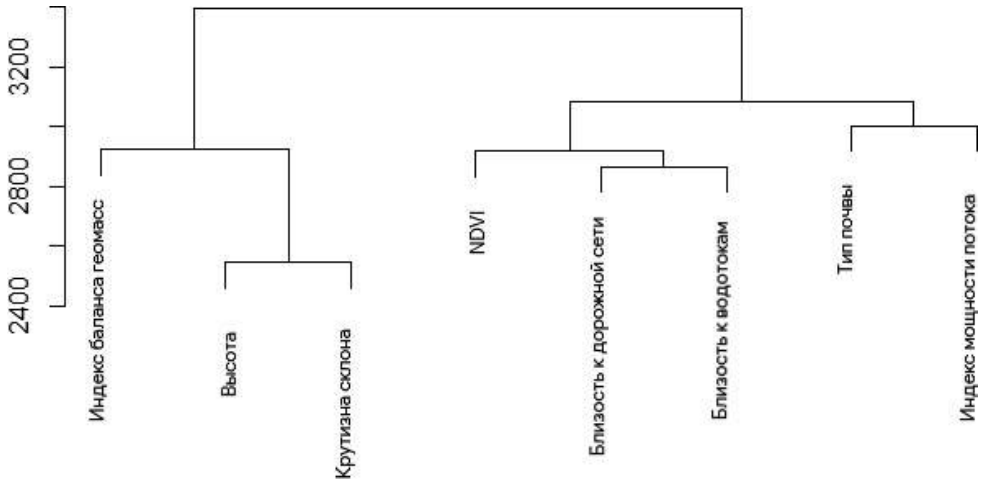


Рис. 3. Результат иерархической кластеризации факторов, влияющих на склоновые процессы, в виде дендрограммы

Кластеризация представляет собой объединение объектов или наблюдений в непересекающиеся группы, называемые кластерами, на основе близости значений их признаков. В результате в каждом кластере будут находиться объекты, похожие по своим свойствам и отличающиеся от объектов, которые содержатся в других кластерах. При этом чем больше подобие объектов внутри кластера и чем сильнее их отличие от объектов в других кластерах, тем лучше кластеризация.

Кластеризация позволила выделить 3 группы факторов. В первую группу вошли факторы: высота над уровнем моря, крутизна склона и индекс баланса геомасс. Во вторую группу – близость к водотокам и дорожной сети, а также NDVI. В третью группу попали такие факторы, как тип почвенного покрова и индекс мощ-

ности потока. Таким образом, четко заметна группировка факторов по принципу их происхождения. К первому кластеру можно отнести факторы, принадлежащие к рельефу местности, получаемые через обработку цифровой модели рельефа (DEM). Ко второму кластеру можно отнести факторы, характеризующие объекты, находящиеся на поверхности территории, – водотоки, объекты инфраструктуры и землепользования. К третьему – факторы, характеризующие подстилающую поверхность, – тип почвенного покрова и индекс мощности потока, зависящий как от объема выпадающих атмосферных осадков, так и от характеристики пород и крутизны склона.

Таким образом, корреляционный анализ показал, что существенной взаимосвязи между исследуемыми факторами не прослеживается или она статистически не значительна и не может интерпретироваться как присутствующая. Тем не менее не стоит исключать вероятности существования некоего не учтенного фактора, от которого бы зависели как факторы, представленные в проведенном анализе, так и сам склоновый процесс. В связи с этим выделение ключевого фактора или их пары не представляется на данный момент возможным и требует дальнейшего исследования.

С другой стороны, проведенная иерархическая кластеризация факторов склонового процесса позволила выделить четкие генетические группы, что позволит более детально изучать исследуемые процессы внутри них, а также находить причины и принимать более обоснованные хозяйственные решения для управления склоновыми процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривогуз Д.О. Методические подходы к пространственному региональному анализу устойчивости территории к склоновым процессам // Геоинформатика. 2018. Т. 2. С. 20–26.

2. Матишов Г.Г. и др. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486.

3. Пешков В.М. Современное состояние и перспективы защиты берегов Чёрного и Азовского морей Краснодарского края // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2015. Т. 1. С. 12–19.

4. Позаченюк Е.А. Ландшафтное разнообразие Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2015. Т. 1. № 4. С. 37–50.

5. Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности: дис. … д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.08. М., 2014. С. 318.

6. Cruden D.M., Varnes D.J. Landslide types and processes. 1996. 76 c.

7. Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. The Varnes classification of landslide types, an update // Landslides. 2014. Vol. 11. No. 2. P. 167–194.

8. Krivoguz D., Bespalova L. Spatial analysis of topography of Kerch peninsula using GIS and its impact on landslides // Int. J. Prof. Sci. 2017. No. 6. P. 19–32.

9. Krivoguz D.O., Burtnik D.N. Neural network modeling of changes in the land cover of the Kerch peninsula in the context of landslides occurence // Nauchno-tekhnicheskiy Vestn. Bryanskogo Gos. Univ. 2018. Т. 4. № 1. С. 113–121.

БАЛАНС РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОДАХ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В НАЧАЛЕ XXI в.

В.В. Кулыгин, Л.В. Дашкевич, В.С. Герасюк
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kulygin@ssc-ras.ru

Одной из особенностей формирования кислородного режима Азовского моря в современный период является проникновение зон дефицита кислорода на акваторию Таганрогского залива (ТЗ). Частота появления таких ситуаций в ТЗ в последние десятилетия увеличивается как из-за климатических изменений, так и в результате роста антропогенной нагрузки. В этой связи актуальной является проблема понимания распределения

приходной и расходной частей баланса растворенного кислорода в водах Азовского моря и причины такого распределения.

В настоящей работе впервые для начала XXI в. был рассчитан баланс между поступлением и расходом кислорода в ТЗ в современных климатических условиях.

Для расчета использовалась математическая модель [Kulygin et al., 2016], входными данными для которой являются величина первичной продукции, прозрачность, скорость ветра и температура воды. Оценка величины первичной продукции выполнялась на основе значений концентрации хлорофилла *a*, полученных по архиву спутниковых снимков спектрометра MERIS за период 2003–2011 гг. [Бердников и др., 2018]. Распределение величины первичной продукции в течение суток выполнялось пропорционально ходу солнечной радиации. Расчет вертикального распределения основан на значениях прозрачности вод (глубина видимости белого диска). Для оценки величины прозрачности использовался стандартный продукт MERIS, величина общей взвеси и формула связи прозрачности и взвеси для Азовского моря. Для заполнения пропусков во временных сериях использовалась процедура, основанная на сингулярном разложении и методе главных компонент. В качестве временных серий температуры воды были использованы данные спутниковых снимков радиометров AVHRR, уровень обработки L4. Параметризация коэффициента скорости окисления органического вещества в донных отложениях по пространству была выполнена с использованием карты донных отложений академика Г.Г. Матишова [Матишов и др., 2007].

Калибровка параметров модели выполнялась по данным экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в июле 2016 г. Средняя абсолютная ошибка расчетов в поверхностном горизонте составила 0,84 мг O_2/л, в придонном слое – 1,15 мг O_2/л [Кулыгин и др., 2018].

Элементы баланса растворенного кислорода в водах ТЗ за период 2003–2011 гг., полученные по результатам расчетов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Элементы годового баланса кислорода в водах Таганрогского залива

Год	Приход,%		Расход, %	
	атмосферная реарация	фотосинтез	потребление водной массой	потребление поверхностным слоем донных отложений
2003	38	62	53	47
2004	38	62	49	51
2005	34	66	53	47
2006	26	74	59	41
2007	20	80	64	36
2008	20	80	64	36
2009	17	83	66	34
2010	16	84	67	33
2011	22	78	63	37

Сравнение с данными середины 1970-х гг. [Бронфман, Хлебников, 1985] показало некоторое снижение общего содержания кислорода в водах моря, что соответствует литературным данным [Второй оценочный доклад … 2014; Александрова, Баскакова, 2013; Кочергин и др., 2015]. В годовой балансовой структуре прихода по-прежнему главенствующую роль играет поступление кислорода в результате фотосинтеза. В структуре расхода преобладает потребление кислорода водной массой, что наряду с ростом первичной продукции водоема в современный период [Александрова и др., 2015] позволяет говорить об увеличении потерь растворенного кислорода на разложение отмирающего фитопланктона.

Сезонный ход элементов баланса представлен в таблице 2. В холодный период года (ноябрь – февраль) в приходной части баланса доминирует атмосферная реаэрация. Начиная с марта и по октябрь включительно наблюдается преобладание доли поступления кислорода за счет фотосинтеза фитопланктона.

В связи с перенасыщением поверхностных вод кислородом в результате фотосинтеза происходит эвазия (выделение кислорода из поверхностного слоя воды в атмосферу), особенно ярко это проявляется в летние месяцы. В период 2003–2011 гг. максимальная эвазия наблюдалась в июле – августе 2010 г. Для аномально теплого 2010 г. было получено минимальное значение годового баланса кислорода за рассматриваемый период (–0,02 млрд $м^3$/год). Следует отметить, что при этом приход кислорода был максимален, но и значение потребления водной массой на разложение отмирающего фитопланктона то же, что наряду с эвазией привело к отрицательному среднемесячному балансу кислорода в летний период.

Таблица 2. Элементы баланса растворенного кислорода в ТЗ, млрд м³/месяц

Месяц	Приход		Расход	
	атмосферная реарация	фотосинтез	потребление водной массой	потребление поверхностным слоем донных отложений
1	0,12	0,02	0,02	0,11
2	0,09	0,07	0,04	0,10
3	0,06	0,13	0,09	0,12
4	0,07	0,12	0,11	0,12
5	0,05	0,20	0,15	0,12
6	0,02	0,37	0,28	0,11
7	0,01	0,49	0,39	0,12
8	0,00	0,55	0,43	0,12
9	0,04	0,41	0,35	0,11
10	0,11	0,18	0,16	0,11
11	0,14	0,06	0,06	0,11
12	0,14	0,02	0,02	0,11

В 2003–2011 гг. относительно середины 1970-х гг. нами отмечен небольшой рост в потреблении кислорода поверхностным слоем донных осадков (с 29–35 % [Бронфман, Хлебников, 1985] до 33–51 % по нашим данным). Вероятно, это связано с увеличением в ТЗ доли площадей с илистыми осадками [Матишов и др., 2007].

Из океанографической базы данных ЮНЦ РАН были выбраны станции с отмеченным дефицитом содержания кислорода (менее 60 % насыщения) за 1924–2016 гг. (73 станции) и сопоставлены с распределением типов донных осадков ТЗ (рис. 1).

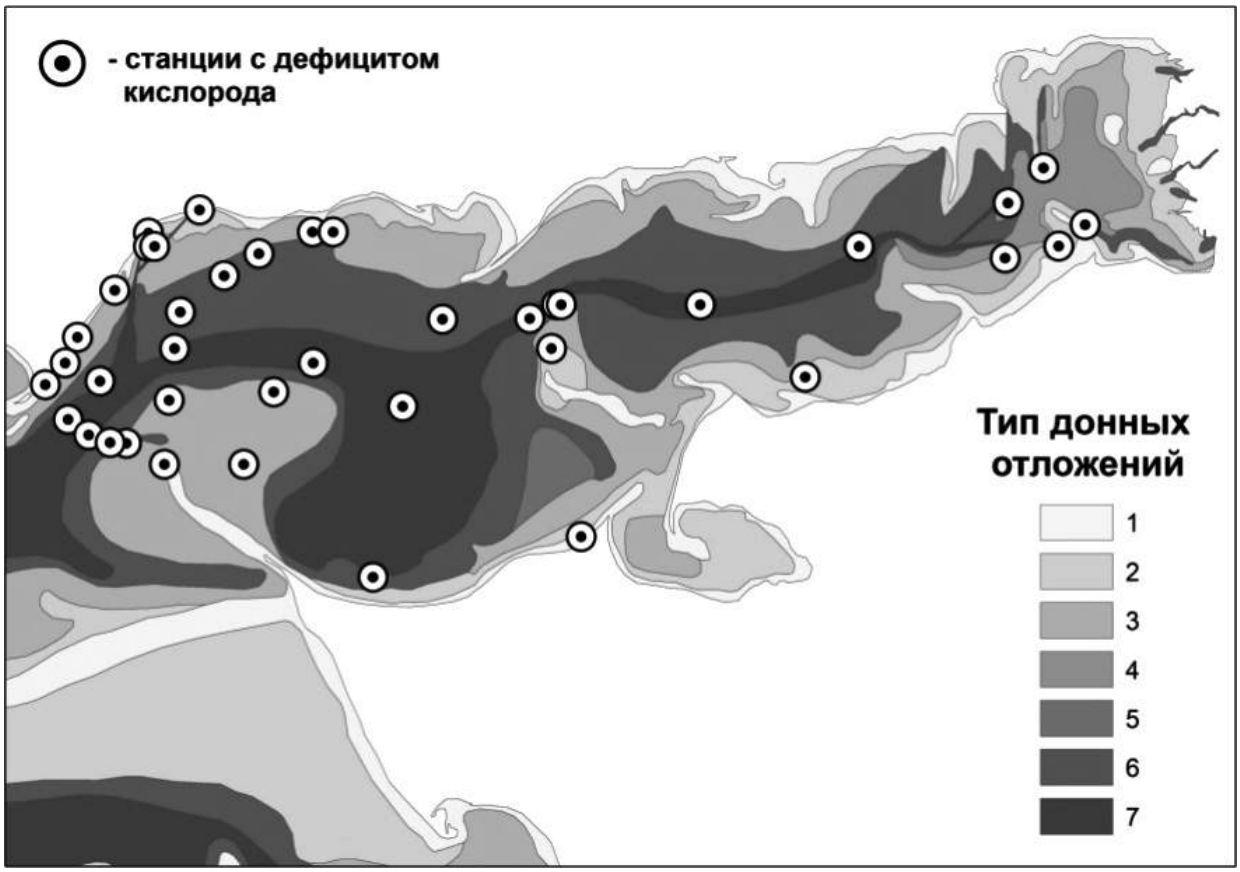


Рис. 1. Станции с дефицитом кислорода на карте донных отложений в ТЗ [Матишов и др., 2007]:
1 – песок средне-мелкозернистый с ракушей (фракция 1–0,1 мм >70 %); 2 – песок алеврито-илистый (фр. 1–0,1 мм 50–70 %); 3 – алеврито-илисто-песчаный тип (содержание каждой фракции 30–40 %); 4 – алеврит (фр. 0,1–0,01 мм >70 %); 5 – илистый алеврит (фр. 0,1–0Ю01 мм 50–70 %); 6 – илы с примесью песчано-алевритовой фр. (фр. <0,01 мм >50–70 %); 7 – глинистый ил (фр. <0,01 мм >70 %)

Как видно из рисунка 1, практически все случаи зафиксированного дефицита кислорода соответствуют на карте зонам распространения илистых грунтов, и только в единичных случаях они расположены в зоне смешанных грунтов. То, что вероятность возникновения заморных явлений значительно возрастает над глинистыми легко взмучиваемыми донными осадками, неоднократно отмечалось исследователями [Александрова и др., 2014; Александрова и др., 2015; Бронфман, Хлебников, 1985 и др.]. Наличие глинистых донных отложений характерно для всей акватории ТЗ, но особенно для его западной части [Матишов и др., 2007], что отражается на пространственном распространении зон дефицита кислорода.

Проведенный модельный анализ на основе данных спутниковых снимков позволил оценить максимальные площади зон дефицита растворенного кислорода (менее 60 % насыщения) в придонных водах ТЗ в летний период в начале XXI в. по годам (табл. 3).

Таблица 3. Максимальные площади зон с насыщением придонных вод кислородом менее 60 % в летний период в Таганрогском заливе, тыс. км^2

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Площадь	1,4	1,6	1,9	1,3	0,2	2,2	0,5	0,9	0,5

Как можно видеть на рисунке 2, максимальные площади зон дефицита кислорода приурочены к наиболее глубоким местам в западной части ТЗ и области на его северо-западе с преимущественно илистыми донными осадками.

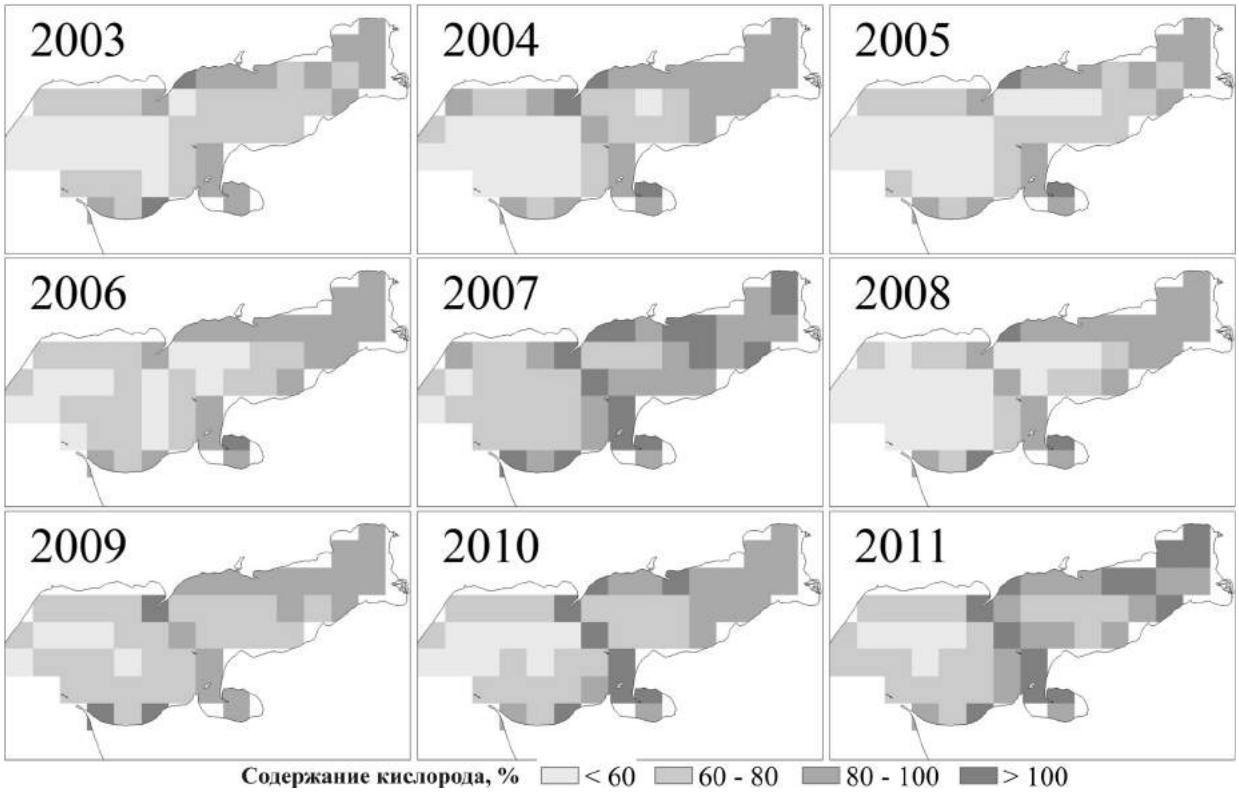


Рис. 2. Ситуации, соответствующие максимальным площадям зон с насыщением придонных вод кислородом менее 60 % в летний период в ТЗ

В отличие от опубликованных ранее картосхем распространения зон дефицита кислорода [Александрова и др., 2014; Бронфман, Хлебников, 1985], картосхемы, рассчитанные на основе данных спутниковых снимков, позволяют проследить пространственное перемещение этих зон по годам в зависимости от внешних условий. В частности, зона дефицита кислорода в вершине ТЗ в месте смешения пресных речных и более соленых вод залива по нашим расчетам достаточно динамична (рис. 2). Также можно отметить увеличение частоты образования зон дефицита кислорода в 2003–2011 гг. по сравнению с данными за 1960–1970-е гг. [Бронфман, Хлебников, 1985]. За период 1960–1977 гг. было 7 лет, когда в ТЗ отмечалось возникновение зон дефицита кислорода, что составляет 38,9 % случаев. В современный период по результатам расчета на основе данных спутниковых снимков MERIS (2003–2011 гг.) зоны дефицита кислорода отмечались ежегодно. При этом площадь зон с дефи-

цитом кислорода в 1960–1970-х гг. варьировала от 0,12 (1960 г.) до 3,43 тыс. км^2 (1963 г.), а в 2003–2011 гг. – от 0,2 (2007 г.) до 2,2 тыс. км^2 (2008 г.).

Таким образом, согласно результатам наших исследований, современное состояние ТЗ характеризуется несколько сниженным содержанием растворенного кислорода относительно 1960–1970-х гг. с увеличением доли расхода на разложение отмершего фитопланктона (на фоне роста первичной продукции водоема) и окисление донных осадков. Представленные ситуационные картосхемы по годам для периода 2003–2011 гг. позволяют сделать вывод о том, что основные зоны дефицита кислорода приурочены к наиболее глубоким местам в западной части ТЗ и области на его северо-западе с преимущественно илистыми донными осадками. Однако при этом перемещение этих зон по годам достаточно динамично в зависимости от внешних условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Гипоксия и ее некоторые экологические последствия в Азовском море // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14. № 4 (56). С. 599–616.

2. Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Долженко С.В. Закономерности формирования кислородного режима и некоторые методические аспекты развития придонной гипоксии в Азовском море // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: мат-лы науч. конф. с междунар. участием (8–10.09.2015). Ч. 1. Ростов н/Д, 2015. С. 1–5.

3. Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Шевцова Е.А., Долженко С.В. Основные закономерности развития гипоксии в придонном слое Азовского моря и ее экологические последствия для гидробионтов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черморского бассейна: сб. науч. тр. (2012–2013 гг.). Ростов н/Д: ФГУП «АзНИИРХ», 2014. С. 11–31.

4. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В., Поважный В.В. Оценка первичной продукции Азовского моря по данным дистанционного зондирования // Наука Юга России. 2018. Т. 14. № 2. С. 55–65. DOI: 10.23885/2500-0640-2018-14-2-55-65

5. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 271 с.

6. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 93 с.

7. Кочергин А.Т., Крискевич Л.В., Боровская Р.В. Гидрометеорологические условия и их влияние на возникновение заморных явлений в Азовском море в летний период 2013 г. // Тр. ЮгНИРО. Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне и Мировом океане. Керчь: ЮгНИРО, 2015. С. 29–33.

8. Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В., Герасюк В.С. Модельная оценка содержания растворенного кислорода в водах Таганрогского залива на основе спутниковой информации // Информация и космос. 2018. № 1. С. 120–126.

9. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Болдырев М.А., Мысливец В.И., Маев Е.Г., Зверев А.С. Новые представления о голоценовых отложениях шельфа Азовского моря (по данным картирования и сейсмопрофилирования дна) // В кн.: Экосистемные исследования Азовского, Чёрного, Каспийского морей и их побережий. Т. IX. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2007. С. 42–50.

10. Kulygin V., Berdnikov S., Selyutin V., Dashkevich L. Oxygen depletion risk assessment in shallow water bodies of the Sea of Azov region // SGEM2016 Conference Proceedings. 2016. Book 3. Vol. 2. P. 799–806. DOI: 10.5593/SGEM2016/B32/S15.104

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНИЦИАТИВЫ РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ»

Е.Н. Макаренко, С.Г. Тяглов
Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону
tyaglov-sg@rambler.ru

Анализ складывающейся в последние годы экологической ситуации в России свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на все сферы жизнедеятельности нашего общества. При этом как в производственной, так и непроизводственных сферах усиливается действие экологических вызовов, требующих безотлагательного решения возникающих при этом проблем, тормозящих устойчивое развитие страны. Это свидетельствует о необходимости и целесообразности вынесения их в число первостепенных стратегических задач обеспечения социально-экономического развития государства. Компромиссный характер основных идей «зеленой» экономики позволит согласовать экономические социальные и экологические интересы государства, бизнеса и населения. С учетом этого был сформирован Национальный проект «Экология», содержащий одиннадцать федеральных проектов и отражающий дорожную карту по обеспечению основ рационального природопользования и охраны окружающей среды и выделяющий впервые в качестве отдельного проекта «Внедрение наилучших доступных технологий» – как инструмент достижения устойчивого развития РФ и ее регионов.

Многоуровневый характер природоохранных задач проекта позволил четко определить участников, их решения и очертить зоны ответственности их выполнения. В работах ученых Ростовского государственного экономического университета (РИНХ) уделено достаточно внимания структурированию экологических проблем и определению их приоритетности. В них отражены динамика постановки и решение целого ряда экологических проблем региона (программы эколого-экономического развития Ростовского области и Южного федерального округа, обеспечение экологической безопасности, теоретические основы и практические рекомендации по основным направлениям «зеленой» экономики), городов и муниципальных образований (урбанизация, защита от выбросов в атмосферу и сбросов в гидросферу вредных веществ, обращение с твердыми коммунальными отходами), которые увязаны с меняющейся экономической ситуацией в регионе и учитывающие стратегические приоритеты его развития. Таким образом, коллектив университета обладает достаточным научным заделом для подготовки экологических инициатив в рамках направлений, обозначенных как приоритетные (федеральные проекты) в Национальном проекте «Экология».

Цели и структура Национального проекта предусматривают эффективное обращение с отходами производства, снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, повышение качества питьевой воды для населения, экологическое оздоровление водных объектов, сохранение биологического разнообразия и обеспечение баланса выбытия и воспроизводства лесов [Мантуров, 2018]. Решение вышеперечисленных задач требует глубокой их проработки с помощью методов экономического анализа и построения моделей и алгоритмов для реализации конкретных мероприятий.

Достойное существование нынешних и будущих поколений как императив устойчивого развития определяет в качестве технологического уклада «зеленую», низкоуглеродную экономику, а в качестве участников реализации перспективных проектов – молодых ученых, воспитанных на принципах бережного отношения к природному капиталу и окружающей природной среде, обладающих навыками экологического поведения и придерживающихся правил экологической культуры (например, осуществляющих раздельный сбор коммунальных отходов). Поэтому возрастает роль образовательных учреждений, пропагандирующих и реализующих программы экологического просвещения, культуры и воспитания.

В рамках Национального проекта «Экология» осуществляется переход к «зелёной экономике». В рамках данного подхода предполагается активная инвестиционная поддержка экологически ориентированных отраслей экономики как со стороны государства, так и частных инвесторов. Это позволяет делать вывод о необходимости изменения нормативной базы, в том числе в области государственных закупок, экологоориентированных проектов, создания налоговых механизмов стимулирования производства экологичной продукции и защиты окружающей среды. Эти идеи получили развитие практически во всех федеральных проектах Национального проекта «Экология». Учитывая опыт выполнения грантовых и хоздоговорных работ целого ряд кафедр нашего университета, мы готовы к оказанию методической и консультативной помощи по перечисленным выше направлениям.

В качестве следующего аспекта научно-практической деятельности отметим необходимость в рамках Национального проекта создание справочника наилучших доступных технологий (НДТ) по различным отраслям промышленности. Для формирования подобных справочников необходимо привлечение различных специалистов, занимающихся проблемами экологии, – медиков, биологов, экономгеографов, отраслевых специалистов, знающих технологию и оборудование конкретных производств, экономистов-экологов, специалистов в сфере цифровой экономики. Информативность и прозрачность справочников по НДТ согласуются с трендом развития цифровых технологий и свидетельствуют о необходимости заострить внимание на подготовке специалистов, обладающих компетенциями междисциплинарного характера. В практическом разрезе необходимо предусмотреть формирование институтов развития НДТ, способствующих расширению спектра инновационных разработок, претендующих на возможность с их помощью внедрять «зеленые» технологии в производственную сферу.

Научные результаты по перечисленным проблемам должны найти отражение в подаваемых заявках на выполнение грантов и хоздоговорных работ. Очевидна необходимость сочетания двух принципов организации научных исследований – междисциплинарного, объединяющего ученых различных научных и образовательных учреждений (например, ЮНЦ РАН и РГЭУ (РИНХ)), и территориально-производственного (например, формирование научно-производственных кластеров, объединяющих специалистов различных регионов и профессий).

Важным аспектом научно-организационной работы может служить вступление в различного рода объединения и ассоциации, целью которых является продвижение и внедрение экологически ориентированного поведения.

Примером подобной консолидации может служить Ассоциация «Зеленые вузы России» – общероссийское молодежное экологическое объединение вузов, внедряющих на своей базе экологические практики и принципы устойчивого развития.

Подготовка специалистов высокого уровня, обладающих компетенциями, достаточными для участия в мероприятиях Национального проекта, возможна в рамках новой магистерской программы «"Зеленая" экономика и устойчивое развитие». Выпускники этой магистерской программы должны владеть комплексом научных знаний и представлений о концепциях, принципах организации и функционирования «зеленых» технологий в различных сферах производственной деятельности и на различных предприятиях и организациях независимо от их организационно-правовых форм.

Важным звеном научно-просветительской работы в рамках образовательного учреждения следует отметить кружковую работу студентов в направлении подготовки и реализации студенческих экологических инициатив, проведения студенческих экологических квестов, которые направлены на формирование у студентов экологической культуры. Работа в этом направлении в вузе активизировалась. Примерами этого могут служить экологические мероприятия, проводимые преподавателями кафедры экономики региона, отраслей и предприятий с бакалаврами, обучающимися по специальностям этой кафедры: проведены благоустройство общественных пространств и тематические занятия по раздельному сбору коммунальных отходов. Следует также выделить как важнейшие мероприятия реализацию программ и проектов по экологическому просвещению детей, молодежи и взрослого населения, направленных на формирование ответственного обращения с коммунальными и производственными отходами, защиту экологических прав граждан.

Подводя некоторые итоги по перспективному планированию научно-образовательной деятельности вуза в части его участия в Национальном проекте «Экология», мы можем акцентировать внимание на следующих важных моментах. Ведущие специалисты в области «зеленой» экономики должны принимать участие в рабочих группах проекта и выступать в них с экологическими инициативами вуза. При обсуждении вопросов «зеленой» экономики на различных совещаниях, форумах и конференциях осуществлять пропаганду вышеперечисленных идей как научного, так и научно-просветительского характера.

Особо следует выделить организацию творческих коллективов междисциплинарного характера, способных дать научный синергетический эффект от диффузии знаний экономической науки и научных знаний естественнонаучных и технических специальностей.

Объединение подобных усилий позволит принять участие в различных грантовых конкурсах как известным, так и молодым ученым, будет способствовать привитию навыков решения природоохранных задач студентам и аспирантам и приобретению опыта работы в научных коллективах.

Участие молодежи в экологических мероприятиях носит воспитательный характер, прививает им элементы экологической культуры и пропагандирует здоровый образ жизни.

Важным элементом в работе преподавательского коллектива представляется вовлечение студентов к волонтерской работе по пропаганде экологических знаний: проведение субботников по благоустройству территорий и дворов, озеленение придворовых участков и общественных пространств, участие в организации раздельного сбора коммунальных отходов.

Представленные экологические инициативы Ростовского государственного экономического университета (РИНХ) предполагают консолидацию научных и образовательных потенциалов, тесные связи экологов-теоретиков и экологов – практиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мантуров Д.В. Устойчивый экономический рост: аспекты гармонизации промышленной и экологической политики России // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. Т. 11. № 11. 2018. С. 132–140.

РАСШИРЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ

К.Э. Месропян
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
carine@list.ru

В современных региональных исследованиях актуально изучение взаимодействия между составляющими устойчивости развития: экологической, социальной и экономической. Основной целью стратегических планов на долгосрочный период, как правило, выступает достижение экономического роста и выполнение принципов устойчивого развития, предполагающих рациональное, бережное отношение к природным и человеческим ресурсам. Применяемая в изучении прибрежных районов морей, рек, озер и водохранилищ научно-практическая концепция устойчивости развития дает основу для комплексного целеполагания в условиях изменения климата и растущего использования природных ресурсов. Такая методология опирается на применение междисциплинарных научных подходов и концепций к анализу сложных взаимосвязей развития региональных природно-хозяйственных систем [Замятина, Дьяков, 2014; Фомина, Фомин, 2018]. Важная роль при этом отводится экономико-математическому моделированию (ЭММ) с компонентами оценки эффективности и компонентами учета взаимовлияния природных факторов и социально-экономического развития.

Исследование, посвященное расширению методологической базы ЭММ экологическими компонентами, является продолжением методических разработок по многокритериальной классификации российских агропромышленных регионов и городов [Месропян, 2011]. Цель текущего этапа исследования состоит в сопоставлении регионов Юга России по уровню эффективности использования ресурсов в экономике города как подсистемы региональной природно-хозяйственной системы. Гипотезой исследования выступает предположение, что для обеспечения устойчивого развития городов агропромышленных регионов требуется поддержание в долгосрочном периоде стабильного уровня эффективности основных видов хозяйственной деятельности. Предпосылки для формулирования данной гипотезы обсуждаются в работе [Месропян, 2014]. Оценки эффективности в таком случае выступают ключевым индикатором степени достижения цели функционирования региональной природно-хозяйственной системы. Для анализа текущего положения регионов, а также при краткосрочном и стратегическом планировании представляется необходимым использование многофакторных оценок эффективности при построении «дерева целей».

Исследование базируется на применении методов, которые зарекомендовали себя в изучении различных сфер социально-экономического развития ведущими научно-исследовательскими центрами Российской Федерации, Китая, Соединенных Штатов Америки, Австралии, государств Европейского Союза и пр. В прикладных региональных исследованиях широко применяется методология семейства методов под названием Data Envelopment Analysis (DEA) [Melecký L. et al., 2019]. В базовой концепции используется определение сравнительной эффективности для производственных функций (агрегированных технологий) муниципальных образований (МО) по Парето – Купмансу: для каждого МО определяется два набора – набор ресурсов и набор продуктов, что характеризует технологию преобразования первого набора во второй; МО имеет относительно эффективную агрегированную технологию, только в том случае, если у объекта нет возможности улучшить какой бы то ни было вход или выход без ухудшения некоторого другого входа или выхода.

Метод нацелен на разделение МО на типы: МО, экономика которых представляет относительно эффективные технологии, и МО с хозяйственными системами, относительно неэффективно использующими ресурсы. В основе критерия заложена математическая «свертка» наборов показателей, коэффициенты которой определяются в результате решения оптимизационной задачи для каждой из сравниваемых систем. Расчет перекрестного индекса Мальмквиста в рамках этого метода дает возможность оценить перемещение эффективного множества во времени.

Подводя промежуточные итоги исследования, можно сделать следующие выводы:

а) выполненный автором обзор современных региональных исследований, проведенных с помощью DEA, демонстрирует актуальность расширения методологии ЭММ в решении научно-практических задач целеполагания;

б) методику расчета оценок сравнительной эффективности муниципальных образований российских регионов требуется адаптировать к системам стратегического планирования регионального уровня;

в) возможно использование доступных статистических данных для составления комплексных индикаторов долгосрочного целевого развития на основе оценок эффективности;

г) построение регрессионных уравнений с проверкой значимости функциональных зависимостей и интерпретацией полученных результатов позволит подтвердить либо опровергнуть выдвинутую гипотезу исследования о применении многофакторного критерия сравнительной эффективности хозяйственной деятельности с учетом воздействия на окружающую среду, а также определить ограничения регионального развития.

Работа выполняется в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А19-119011190184-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замятина М.Ф., Дьяков М.Ю. Развитие природно-хозяйственного комплекса муниципального образования на принципах эколого-экономической сбалансированности // Экономика и управление. 2014. № 4. С. 28–38.

2. Месропян К.Э. Алгоритмизация процедуры измерения эффективности региональных систем на основе метода анализа огибающих (на примере сельского хозяйства Юга России) // Вестник Южного научного центра. 2011. Т. 7. № 4. С. 83–88.

3. Месропян К.Э. Аналитическая поддержка системы стратегического планирования: методика оценки сравнительной эффективности экономики регионов ЮФО // Региональная экономика. Юг России. 2014. № 1. С. 126–133.

4. Фомина В.Ф., Фомин А.В. Эколого-экономическое развитие Республики Коми в аспекте «зеленого» роста // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. № 1 (57). С. 85–98.

5. Melecký L. et al. Nonparametric Approach to Evaluation of Economic and Social Development in the EU28 Member States by DEA Efficiency // Journal of Risk and Financial Management. 2019. Vol. 12. No. 2. P. 72.

ВОЗМОЖНОСТИ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

А.С. Овчаров[1], В.Л. Шестопалов[2]

[1] АО «Южморгеология», г. Геленджик

[2] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

shestopalov@ssc-ras.ru; ovcharov@ymg.ru

В практике научных исследований различного рода деформаций земной коры широкое распространение получили методы космической геодезии, включающие наземные измерения на пунктах GPS (Global Positioning System) и радиолокационную съемку с синтезированной апертурой InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar).

Южный научный центр Российской академии наук (ЮНЦ РАН) совместно с АО «Южморгеология» с 2012 г. проводит измерения движений участков земной коры с использованием сети постоянных пунктов GPS (Global Positioning System). Полученные данные многолетних наблюдений дали возможность выявить основные характеристики движения участков земной коры в сейсмоактивных районах Азово-Черноморского побережья [Бабешко и др., 2016]. Однако редкая сеть из 9 пунктов GPS не дает возможность изучить более подробно такие явления, как смещения по разломам, активизация грязевого вулканизма, оползни, землетрясения и др.

В АО «Южморгеология» накоплен большой опыт работ по применению технологий радарной интерферометрии при мониторинге опасных геологических процессов на территориях Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. По заданию Роснедр были выполнены государственные контракты, отработана технология успешного применения радарной интерферометрии для мониторинга состояния недр [Овчаров и др., 2014].

Мониторинг вертикальных деформаций поверхности Земли с использованием технологии InSAR обеспечивает количественное измерение деформаций больших участков поверхности Земли и дает возможность исследовать широкий круг различных геодинамических процессов. Для Азово-Черноморского побережья России в первую очередь представляет интерес наблюдения за деформациями земной поверхности в районах Анапо-Новороссийского и Сочи-Туапсинского сейсмогенных зон, где установлена связь геодинамических аномалий движения участков земной коры с сейсмичностью [Бабешко и др., 2019].

Радарная космическая съемка выполняется в ультракоротковолновой (сверхвысокочастотной) области радиоволн, подразделяемой на X-, C- и L-диапазоны. За последние пять лет на орбиты выведены радарные спутники: COSMO-SkyMed 1–4, RADARSAT-2, TerraSAR-X и TanDEM-X, ALOS-2, KOMPSAT-5, RISAT-1, Sentinel-1A и 1B. Точностные характеристики технологии InSAR можно представить упрощенной моделью двух спутников на восходящей (ascending) и нисходящей (descending) орбитах, наблюдающих своими радарами заданную точку на земной поверхности по линиям прямой видимости *LOS* (Line of Sight) (рис. 1).

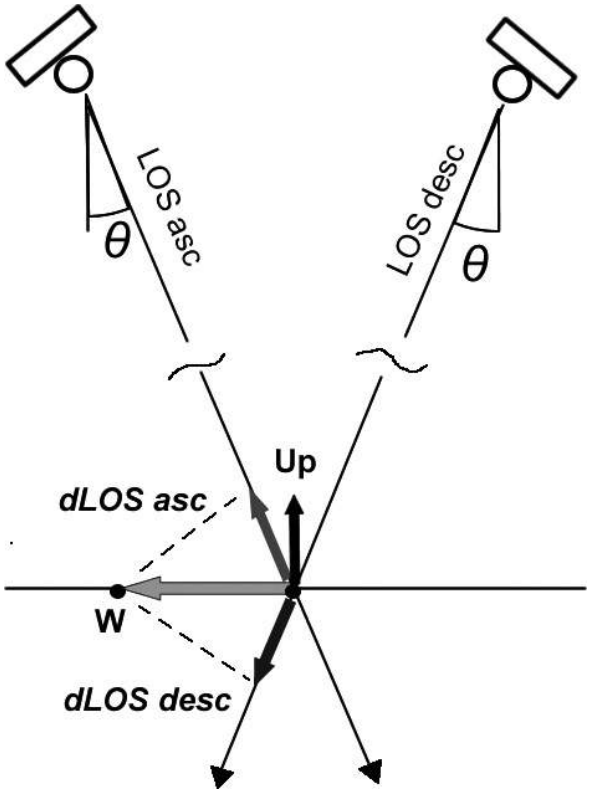


Рис. 1. Схема компонент деформаций, измеряемых технологией InSAR

Предположим, что для обоих радаров LOS_{asc} и LOS_{desc} лежат в плоскости (*EAST*, z) и угол наблюдения θ одинаков для каждого спутника. Если измерены смещения $dLOS_{asc}$ и $dLOS_{desc}$ вдоль каждой *LOS*, тогда из простых геометрических построений можно получить компоненты смещения в направлении (*E–W*) и (*U–D*) в следующем виде [Solaro et al., 2016]:

$$d_{LOS}^{EAST} = \frac{d_{LOS}^{desc} - d_{LOS}^{asc}}{2sin\theta}, \quad d_{LOS}^{Up} = \frac{d_{LOS}^{desc} - d_{LOS}^{asc}}{2cos\theta}.$$

Из этих выражений видно, что при направлениях, близких к зенитному, угол θ мал и погрешность вычисления горизонтальной компоненты будет значительно превышать погрешность по вертикали. При обработке измерений InSAR возникают также трудности при разрешении неоднозначности измерений фазы. В отличие от InSAR, точность определения горизонтальных компонент для GPS-измерений в 3 раза выше вертикальных, и проблема неоднозначности расстояния спутник – приемник решается более надежными и отработанными процедурами. Комбинированное применение технологий InSAR и GPS компенсирует недостатки обеих систем и повышает надежность полученных результатов.

Далее приводится пример верификации данных вертикальных смещений, полученных радарной съемкой InSAR с помощью постоянно действующего GPS-пункта на территории метеоцентра г. Анапа (рис. 2).

На рисунке 3 приводится график вертикальных движений GPS-пункта Анапа, совмещенный по времени с относительными вариациями высотных измерений InSAR, полученных по нескольким радарным снимкам за период с 14.05.2018 по 13.07.2018.

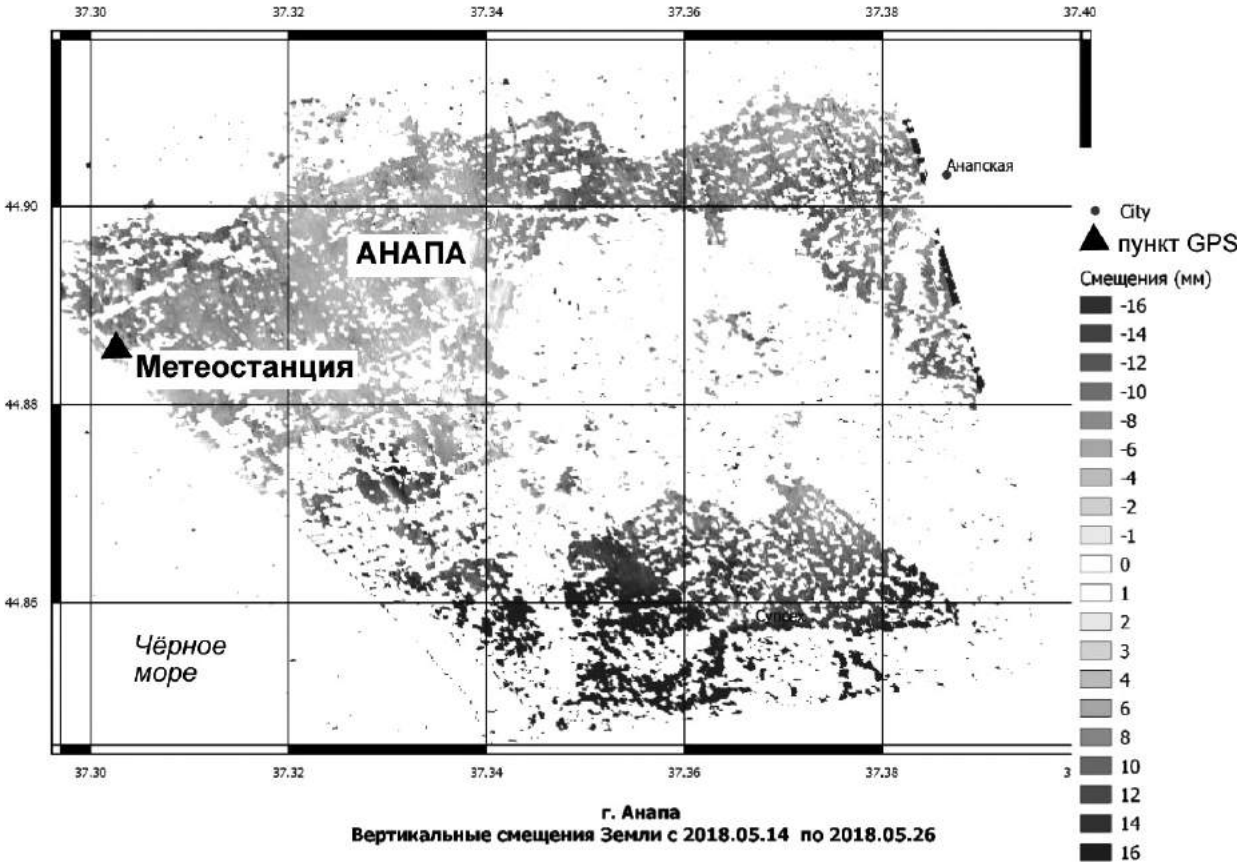


Рис. 2. Радарный снимок г. Анапа, полученный по спутнику Sentinel 1B за период с 14.05.2018 по 13.07.2018

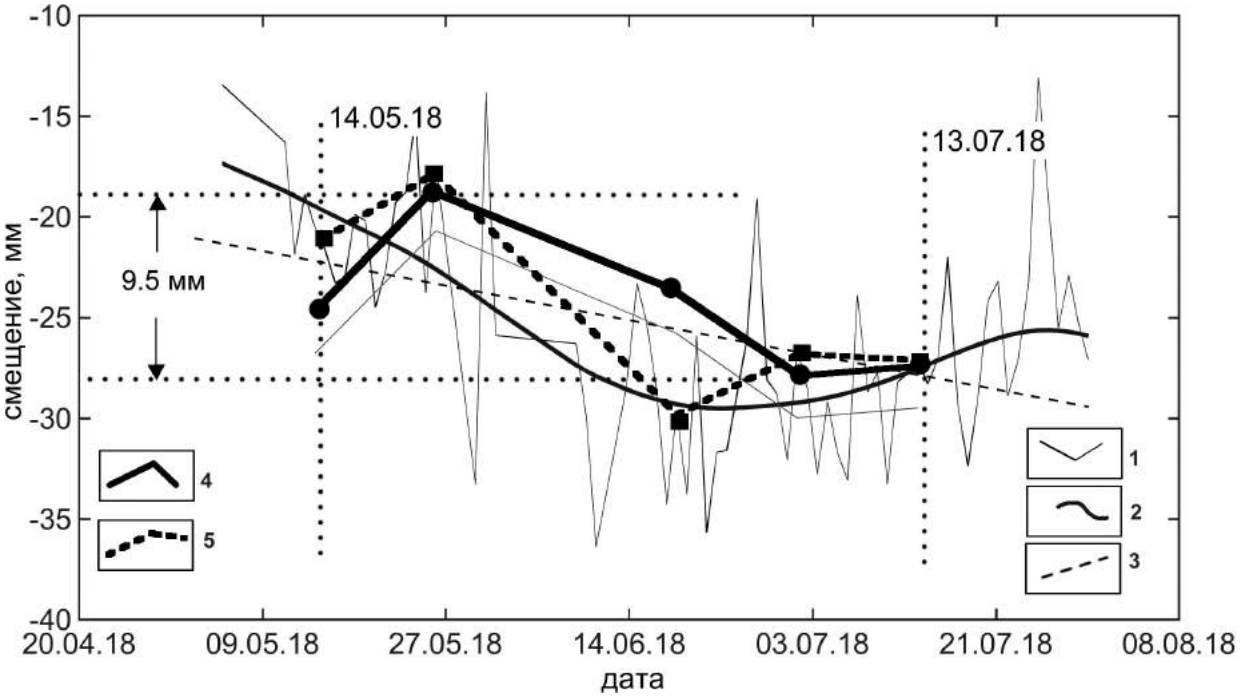


Рис. 3. Вертикальные движения GPS-пункта Анапа, совмещенные с относительными вариациями высотных измерений InSAR в период с 14.05.2018 по 13.07.2018 г.
Траектории движения: 1 – исходная (посуточная) GPS, 2 – сглаженная GPS, 3 – тренд GPS, 4 – относительная InSAR, 5 – точки высоты GPS, совпадающие с временем съемки InSAR

Значения максимальных амплитуд смещений по высоте для обеих систем приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Максимальные смещения по высоте пункта Анапа по данным GPS и InSAR

Траектория	Смещение по высоте (мм)
GPS (1)	11,5
GPS (2)	8,7
GPS (3)	6,0
InSAR (4)	9,5

Данные таблицы показывают близкие значения смещения по высоте сглаженной траектории GPS (8,7 мм) и максимального смещения InSAR (9,5 мм).

Сравнение методов GPS и InSAR производилось для г. Тегеран, где ранее была выполнена радарная съемка Геофизическим институтом (GFZ) (Потсдам, Германия), и для отдельных районов была получена максимальная скорость опускания 25 мм/год [https://geofon.gfz-potsdam.de]. GPS-измерения международного GPS-пункта TEHN за 2018 г. были получены в сети Интернет и обрабатывались пакетом GAMIT. Средняя годовая скорость опускания в районе расположения пункта TEHN составила 18 мм/год (рис. 4).

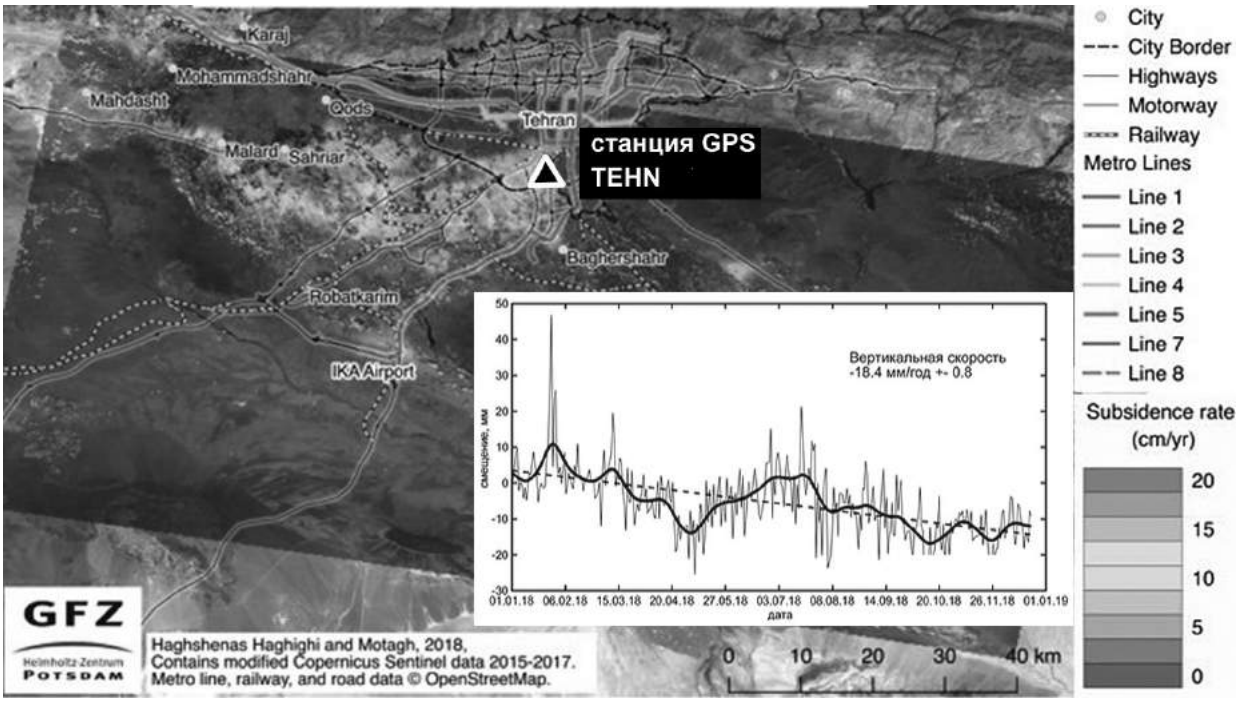


Рис. 4. Скорости вертикальных движений г. Тегеран по данным радарной съемки Геофизическим институтом (Потсдам, Германия) и GPS-измерениям (ЮНЦ РАН и АО «Южморгеология») в 2018 г.

Таким образом, комплексирование технологий GPS и InSAR с оптимальным использованием преимуществ каждого метода и компенсацией их недостатков дает возможность создать единую систему геопространственных данных с дальнейшей интерпретацией опасных геологических процессов.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2019 г., № проекта 01201354241, и госконтракта с Роснедра № АМ-02-43/55 от 10.05.2006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешко В.А., Шестопалов В.Л., Юбко В.М., Глазырин Е.А. Характер движений поверхности земной коры по данным GPS-измерений в районе Азово-Черноморского побережья Российской Федерации // Наука Юга России. 2016. Т. 12 (4). С. 33–40.

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.

3. Овчаров А.С., Пузанков К.Л., Можаев Е.Б., Шестопалов В.Л. Наблюдения за деформацией земной коры по методу дифференциальной интерферометрии с помощью автоматизированного аппаратурно-методического комплекса (ААМК). Отчет «Государственный мониторинг состояния недр прибрежно-шельфовой зоны Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов РФ». Госконтракт № АМ-02–43/55 от 10.05.2006.

4. Solaro G., Imperatore P., Pepe A. Satellite SAR Interferometry for Earth's Crust Deformation Monitoring and Geological Phenomena Analysis // In book: Geospatial Technology – Environmental and Social Applications. Publisher: InTech, 2016. Chapter 7. P. 167–195. DOI: 10.5772/64250

5. URL: https://geofon.gfz-potsdam.de/

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Н.А. Орехова, С.К. Коновалов
Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
natalia.orekhova@mhi-ras.ru

Донные отложения являются одним из ключевых элементов морских экосистем. Они представляют собой естественные гетерогенные многокомпонентные системы, с которыми традиционно ассоциируется конечный этап трансформации, миграции и депонирования различных веществ, в первую очередь загрязняющих веществ антропогенного характера, в том числе органического углерода. Структура и физико-химические свойства донных отложений отражают условия среды и степень воздействия антропогенных факторов. При определенных условиях донные отложения могут становиться источником вторичного загрязнения. Характеристики донных отложений в значительной степени определяются величиной окислительно-восстановительного потенциала, который зависит прежде всего от содержания кислорода. Дефицит кислорода или полное его отсутствие (гипоксия и аноксия соответственно) способствуют смещению восстановительных биогеохимических процессов ближе к поверхности отложений, а затем и в толщу воды из-за снижения роли аэробных процессов. При этом изменяются окислительно-восстановительные условия среды, сопровождающиеся появлением восстановленных форм серы, в частности сероводорода, сначала в толще и на поверхности донных отложений, а затем и в водной толще. Это приводит к гибели бентосных сообществ, деградации водной экосистемы, ухудшению экологических характеристик района, а в конечном итоге может привести к экологической катастрофе.

В данной работе рассмотрены особенности формирования донных отложений морских прибрежных экосистем Крымского побережья, выполнен анализ развития зон дефицита кислорода.

Пробы донных отложений и придонного слоя вод отбирались в районах Крымского побережья с различными уровнями антропогенной нагрузки и гидродинамическими условиями. Районы отбора проб и схема станций представлены на рисунке 1. Выполнен анализ геохимических характеристик донных отложений и поровых вод, а также гидрохимических характеристик придонного слоя вод.

Формирование донных отложений и развитие зон дефицита кислорода прибрежных районов Крыма преимущественно определяются гидродинамическими (ограниченный водообмен, высокая вертикальная устойчивость вод) и антропогенными факторами (поступление большого количества биогенных элементов и органического углерода). Появление зон дефицита кислорода характерно для закрытых экосистем с ограниченным водообменом и значительным потоком биогенных элементов и органического вещества (Севастопольская бухта). В прибрежных экосистемах открытого типа с хорошо вентилируемыми водами при наблюдаемом уровне поступления биогенных элементов и органического вещества (прибрежные районы Крымского побережья от Каламитского залива до прикерченского района) дефицит кислорода не наблюдается. Экосистемы полузакрытого типа (Балаклавская бухта) могут испытывать сезонный дефицит кислорода в момент максимальной антропогенной нагрузки (летний период), в остальные сезоны за счет гидродинамических факторов (вентилирования вод) обеспечивается насыщение вод кислородом.

Анализ результатов многолетних исследований прибрежных акваторий Крымского полуострова показал преобладание вклада антропогенной составляющей в современное состояние бухт Севастопольского

региона (Севастопольской и Балаклавской бухт). Установлено, что в поверхностном слое донных отложений Севастопольской бухты явление гипоксии носит постоянный характер, в донных отложениях Балаклавской бухты – сезонный вследствие увеличения уровня антропогенной нагрузки – потока легкоокисляемого органического вещества и биогенных элементов, а также снижения растворимости кислорода с ростом температуры. Геохимические процессы в донных отложениях протекают за счет реакций с участием железа. Об этом свидетельствуют полученные вертикальные профили поровых вод. Отмечено, что в кутовой части Севастопольской бухты и центральной части Балаклавской бухты концентрация Fe(II) достигает 2 мкМ. Это обусловлено в первую очередь антропогенным фактором.

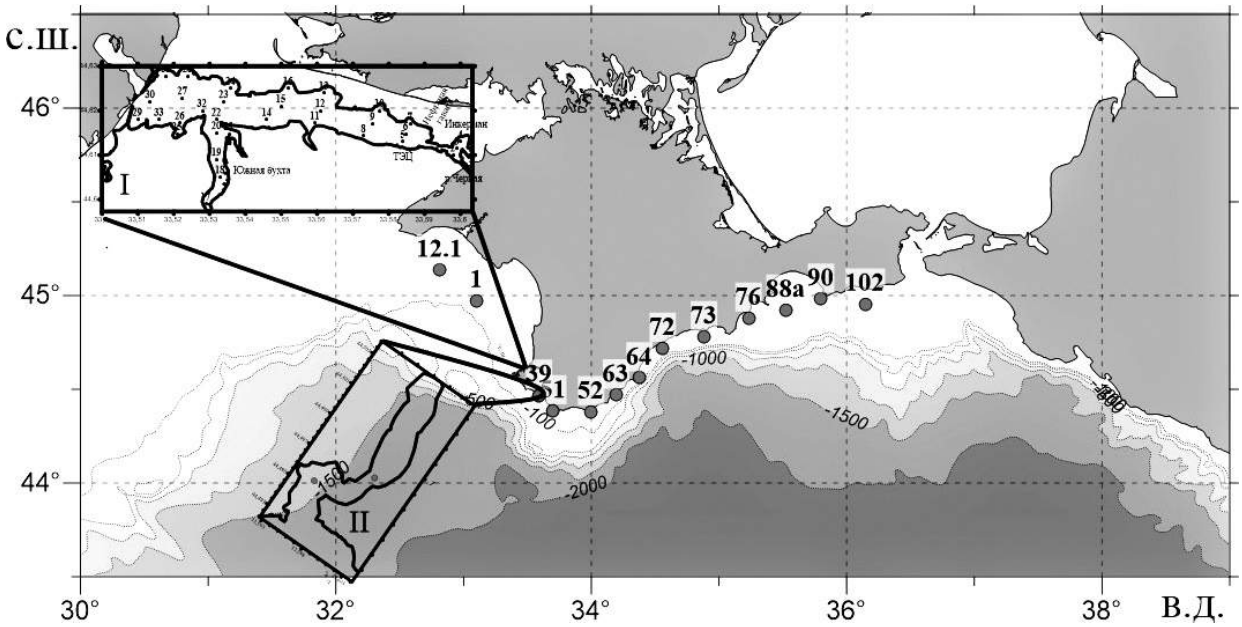


Рис. 1. Районы исследования и схема станций отбора проб
(I – Севастопольская бухта; II – Балаклавская бухта)

Наличие в донных отложениях реакционно-способного железа приводит к связыванию сероводорода, образуемого в более глубоких слоях отложений, за счет их взаимодействия с образованием группы минералов аморфной структуры, условно относящихся к гидротроилиту (FeS_{n-1}) и затем пирита (FeS_2). Это способствует снижению концентрации железа и сульфидов в поровых водах за счет их перехода в твердую фазу.

В настоящее время это явление препятствует развитию анаэробных условий в поверхностном слое донных отложений и придонном слое вод. Однако увеличение антропогенной нагрузки на эти экосистемы, дополнительное поступление лабильного легкоокисляемого органического вещества и биогенных элементов с бытовыми и хозяйственно-промышленными стоками приведет к тому, что железа будет недостаточно для связывания образуемого в результате сульфатредукции сероводорода, и субкислородные условия в верхнем слое отложений сменятся на анаэробные.

Донные отложения открытых прибрежных районов Крымского полуострова формируются под воздействием аэробных условий в верхнем (0–13 мм) слое, за исключением района Ялты, где уже на поверхности отложений обнаруживается сероводород, что свидетельствует об анаэробных условиях формирования структуры донных отложений. Кислород также отсутствует в верхнем слое донных отложений Каламитского залива, здесь наблюдаются субкислородные условия, а процессы раннего диагенеза определяются процессами с участием железа. В донных отложениях района Феодосийского залива в верхнем слое отложений отмечены условия гипоксии, а основные процессы в донных отложениях протекают с участием железа и сульфатредукции. Увеличение антропогенной нагрузки на этот район и потока органического вещества приведет к тому, что в верхнем слое донных отложений будут развиваться анаэробные условия.

На основе информации о концентрации кислорода в придонном слое вод (3–5 м над поверхностью осадка) и величинах потока кислорода в толщу отложений было рассчитано время полного исчерпания кислорода (развитие аноксии) в придонном слое вод при условии отсутствия источника кислорода. Установлено, что время исчерпания кислорода в некоторых районах снижается до 1 месяца. Наименьшее время исчерпания кислорода характерно для района Ялты, что обусловлено комбинацией нескольких факторов: мелкодисперсный характер осадка с минимальной пористостью и невысокое содержание

кислорода в придонном слое вод и на поверхности осадка, а также развитие анаэробных условий с 1 мм глубины. Наименее интенсивный расход кислорода (0,07 моль·м$^{-2}$·год$^{-1}$) и, как результат, максимальное для исследуемого района время исчерпания (32 месяца) наблюдается в Севастопольском регионе мористее входа в Балаклавскую бухту, что, вероятно, определяется активными гидродинамическими процессами, обеспечивающими почти 100 %-ное насыщение вод кислородом. В целом время исчерпания кислорода в районе Крымского побережья при наблюдаемом уровне антропогенного воздействия составляет 1 год. Необходимо отметить, что было рассмотрено время полного исчерпания кислорода, в предположении, что его концентрация будет равна 0 мкМ, однако дефицит кислорода и развитие гипоксии (что также является стрессовым событием для экосистемы) наступает при концентрации кислорода 63 мкМ, или менее 30 % насыщения. Гипоксия в придонном слое вод Севастопольской бухты будет развиваться за ~10 дней, а полное его исчерпание (аноксия) – в течение 1 месяца.

Можно предположить, что при наблюдаемых условиях и отсутствии системного подхода в эксплуатации прибрежных экосистем повышаются риски экологической катастрофы, вызванные развитием зон дефицита и отсутствия кислорода.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН МГИ № 0827-2019-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Чёрного и Азовского морей» и проектов 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» и № 18-45-920008 «Оценка влияния накопления органического вещества в донных отложениях на изменение окислительно-восстановительных условий бухт Севастопольского региона».

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГНОЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ AHW С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕДУРЫ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВИХРЯ И БЕЗ НЕЕ

С.А. Петриченко, В.Г. Ераньков
ФГБУ «НПО "Тайфун"», г. Обнинск, Калужская обл.
psa@typhoon.obninsk.ru, erankov@typhoon.obninsk.ru

Введение. Тропические циклоны (ТЦ) относятся к наиболее интенсивным вихрям синоптического масштаба тропической атмосферы, образующимся в основном над поверхностью океана. Скорость ветра в них может превышать 50 м/с, что зачастую приводит к значительному экономическому ущербу и человеческим жертвам в случае выхода ТЦ на сушу. Прогноз траекторий тропических циклонов позволяет заблаговременно произвести эвакуационные и подготовительные мероприятия в районе, на который надвигается стихийное бедствие. (В России таким регионом является Дальний Восток.) В связи с этим возможность своевременного и достаточно детализированного прогноза траектории ТЦ дает возможность проводить локальную, а не широкомасштабную подготовку обеспечения безопасности людей и объектов инфраструктуры от разрушительного воздействия ТЦ.

Для прогноза траекторий в настоящее время всё более широкое применение получают модели семейства Weather Research and Forecasting (WRF) с ядрами Advanced Research WRF (ARW) и Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM). Нами был использован «тайфунный» вариант модели WRF – модель AHW (Advanced Hurricane WRF) с динамическим ядром ARW, в которой предусмотрена возможность использования расширенного набора схем параметризации турбулентных потоков в пограничном слое и подключения одномерной модели квазиоднородного слоя океана. В ядре поддерживается моделирование с помощью вложенных расчетных сеток.

Ранее нами была успешно проведена работа по созданию рабочей конфигурации модели AHW (выбор версии модели, набора параметризационных схем и т. д.), которая позволяет получить прогноз траектории

перемещения ТЦ с минимальными ошибками [Новицкий и др., 2014; Petrichenko et al., 2015; Петриченко и др., 2018]. Однако существует проблема – необходимость использования расчетных сеток с малым шагом (единицы километров), что требует значительных вычислительных ресурсов. Необходимо отметить, и это показали все проведенные ранее расчеты, что с увеличением шага расчетных сеток ошибки прогноза, как правило, возрастают. Встречаются случаи, когда с увеличением шага сеток модельный циклон прекращает развитие или вообще не развивается.

Естественным шагом представляется внедрение искусственного первоначального вихря, а не его инициализация напрямую из данных глобальных моделей (в нашем случае NCEP FNL OMGTA и GFS), которые использовались в качестве внешних данных для создания файлов начальных и граничных условий.

В настоящей публикации рассматриваются результаты сравнения прогнозов перемещения ТЦ, полученные с использованием процедуры внедрения первоначального вихря и без нее. Расчеты проводились для различных стадий развития ТЦ, шаг внешних сеток составлял 9, 12 и 18 км, шаг внутренних подвижных сеток, привязанных к центру вихря, – 3, 4 и 6 км соответственно.

Результаты расчетов. На рисунке 1 представлен пример ситуации, когда с увеличением шага сеток модельный циклон прекращает развитие или вообще не развивается. При этом внедрение первоначального вихря не дает ожидаемого эффекта.

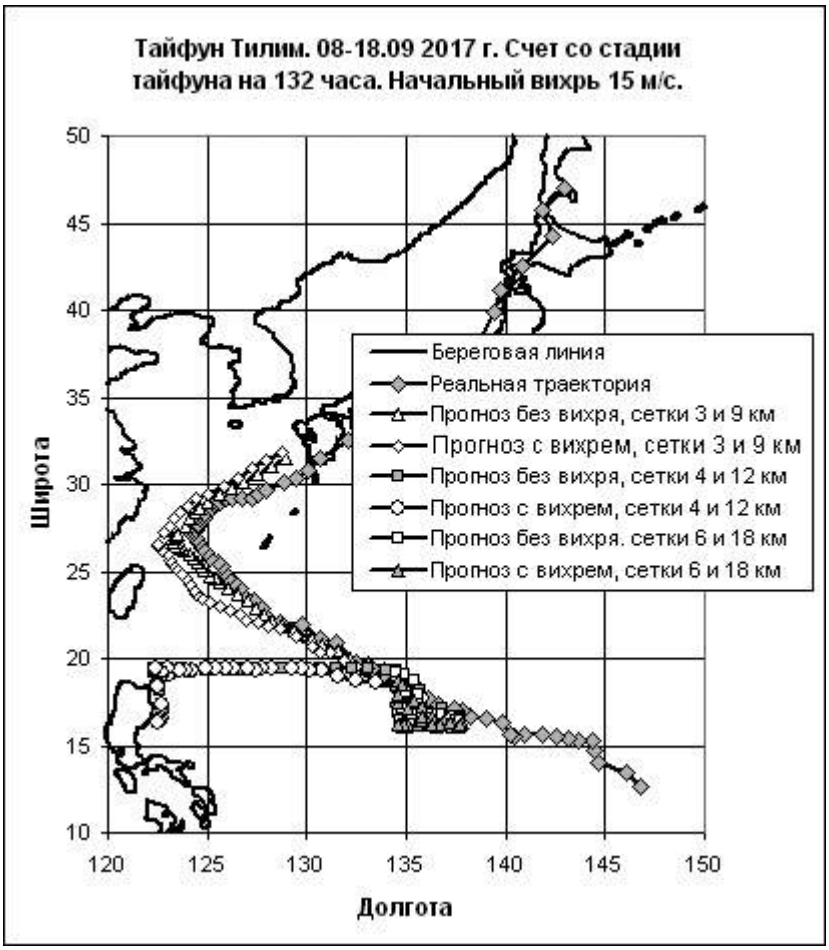


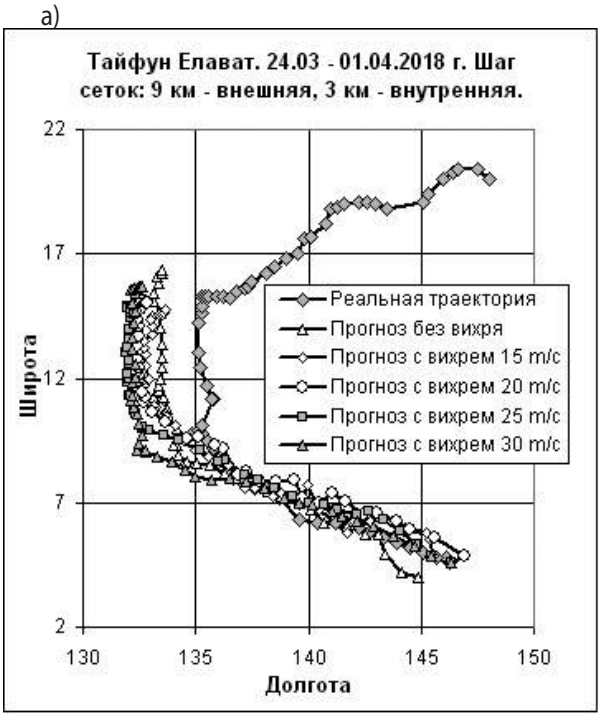
Рис. 1. Прогностические траектории тайфуна Тилим при различном шаге расчетных сеток с внедрением первоначального вихря и без внедрения

Как видно из этого рисунка, внедрение начального вихря с начальной скоростью 15 м/с (характерной для тропической депрессии) не изменяет ситуацию в случае, если изначально модельный тайфун не развивался или прекращал развитие.

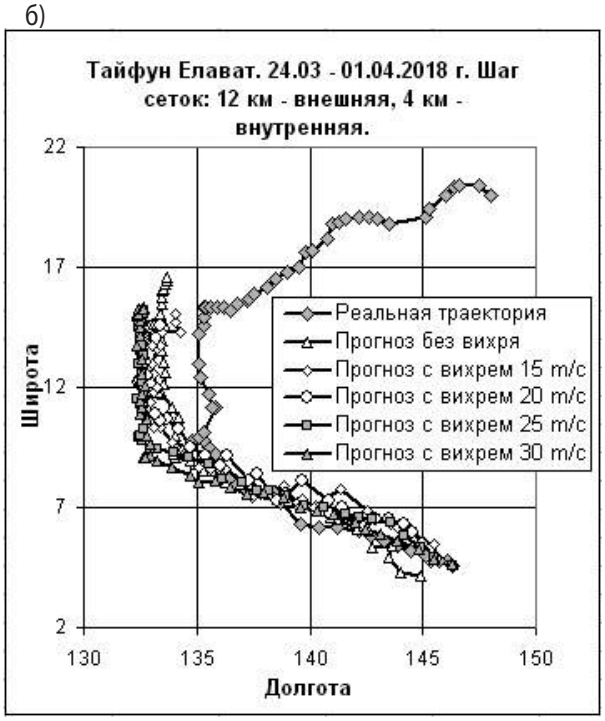
Были проведены расчеты с вихрем для различных значений начальной скорости – 15, 20, 25 и 30 м/с.

На рисунке 2а–в представлены результаты прогноза на 132 часа перемещения ТЦ Елават со стадии депрессии в марте 2018 г. при различных значениях первоначального вихря для трех комплектов расчетных сеток.

а)



б)



в)

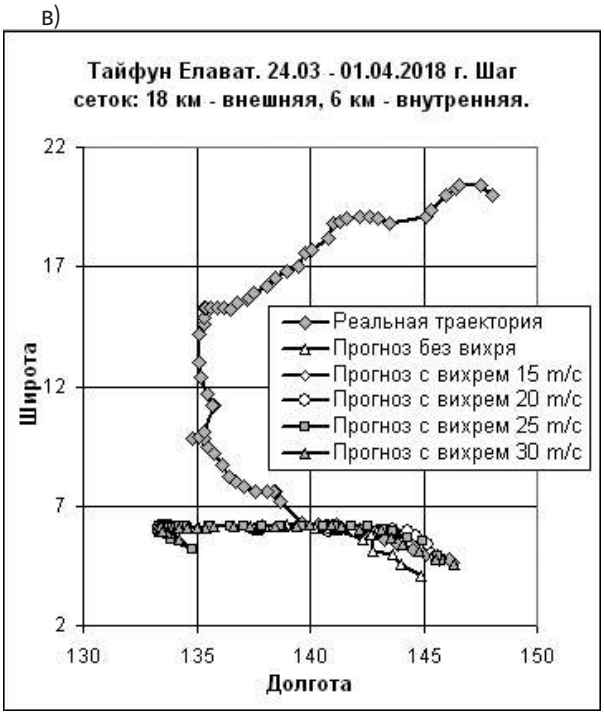


Рис. 2. Прогностические траектории тайфуна Елават с внедрением первоначального вихря разной интенсивности и без внедрения для различных комплектов расчетных сеток: а) – шаг внешней сетки 9 км, шаг внутренней подвижной сетки 3 км; б) –12 и 4 км; в) – 18 и 6 км соответственно

Как видно из рисунка 2, внедрение начального вихря, в случае успешного развития модельного циклона, приводит, как правило, к более гладкой траектории на начальном (2–3 суток) участке перемещения ТЦ. С ростом скорости начального вихря начальный трек становится еще более гладким. (Это наблюдается как при прогнозе со стадии депрессии, так и со стадий шторма и тайфуна.) Однако величина ошибок прогноза с ростом скорости начального вихря и увеличением заблаговременности незначительно, но возрастает. При увеличении шага расчетных сеток увеличение скорости начального вихря не способствует увеличению успешности прогноза. Если модельный циклон не развивается без внедрения первоначального вихря, то использование процедуры внедрения, независимо от скорости вихря, не приводит к возникновению модельного циклона.

Достаточно часто возникают ситуации, когда с внедрением первоначального вихря с увеличением заблаговременности прогноза сам прогноз существенно ухудшается. Это хорошо видно на примере прогноза на 132 часа перемещения ТЦ Вутип в феврале 2019 г., представленном на рисунке 3.

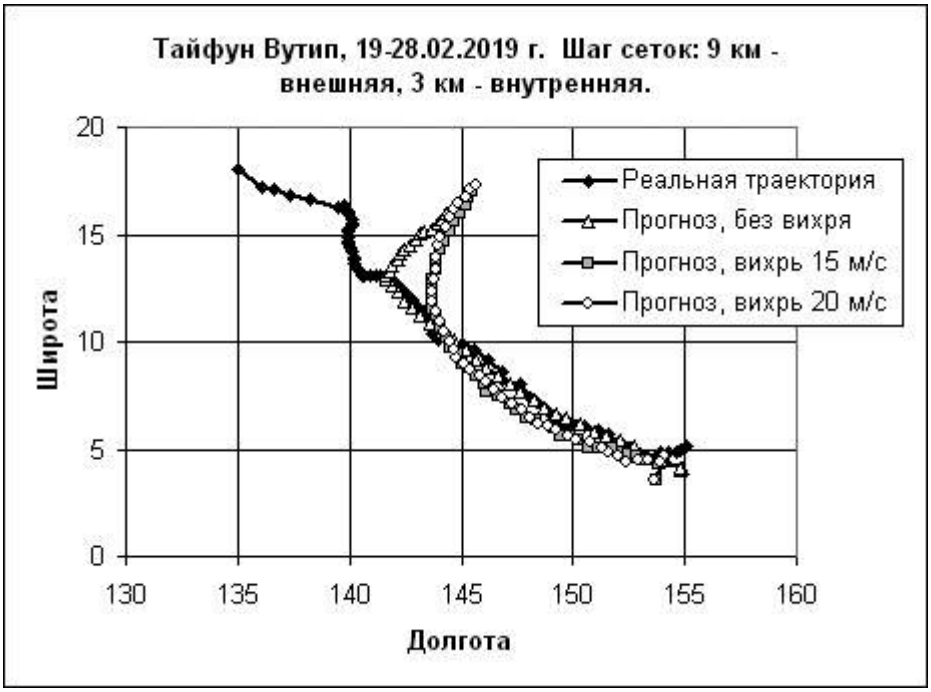


Рис. 3. Прогностические траектории тайфуна Вутип с внедрением первоначального вихря и без него

Выводы. Внедрение первоначального вихря практически не влияет на качество прогноза перемещения тропического циклона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новицкий М.А., Петриченко С.А., Тереб Л.А. Зависимость расчетной траектории тропического циклона северо-западной части Тихого океана от выбора параметризаций физических процессов при использовании модели AHW // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 17–28.

2. Petrichenko S.A., Novitsky M.A., Tereb L.A. Accounting for evaporation spray in the near-water layer of the atmosphere in the model AHW and estimation of its significance for the calculation of the movement and the intensity of the TC on the example of two typhoons // 2015 International Workshop on Typhoon and Flood – APEC Experience Sharing on Hazardous Weather Events and Risk Management (27–29 May, 2015, Taipei, Taiwan). Handbook. P. 101.

3. Петриченко С.А., Новицкий М.А., Тереб Л.А. Использование модели AHW для прогноза перемещения тропических циклонов // Восточно-Европейский научный журнал. 2018. № 3 (31). Т. 3. С. 34–41.

УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КАК ФАКТОР ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРИТОРИИ РОССИИ

А.Д. Сазонов[1], О.С. Передера[2]

[1] Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

[2] Институт социологии и регионоведения Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

В последние годы наиболее актуальным вопросом для российских граждан и властей становится проблема переработки, хранения и захоронения отходов производства и потребления. По данным опроса ВЦИОМ в 2017 г. наибольшие опасения у граждан (44 % опрашиваемых) вызывает проблема твердых ком-

мунальных отходов (ТКО), что, вероятнее всего, вызвано низким процентом их переработки и вторичного использования [1].

Полученные за последние несколько лет статистические данные (рис. 1) показывают весьма устойчивый рост увеличения объема отходов производства и потребления, что делает проблему их хранения и переработки еще более актуальной. На 2017 г. объем отходов превысил 6 млрд т и, вероятнее всего, продолжит расти, что можно связать с развитием некоторых отраслей производства и экономики [4].

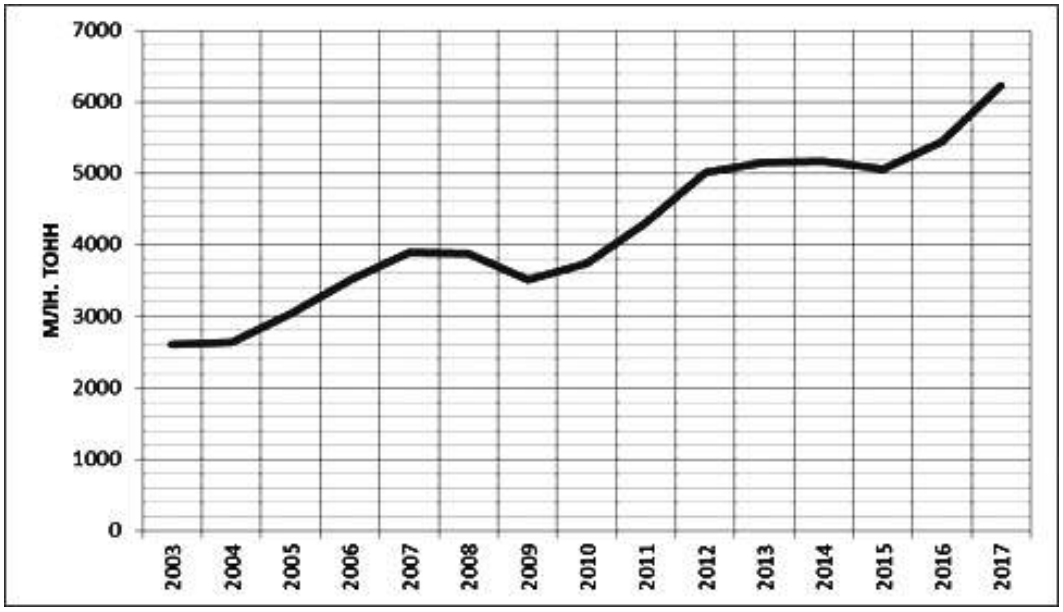


Рис. 1. Рост объема отходов производства и потребления в России (2003–2017 гг.) (составлено по [4])

Вполне очевидно, что низкий процент переработки отходов создает потребность поиска свободных территорий для создания специально оборудованных полигонов для захоронения ТКО. Технология устройства подобных полигонов создана с целью минимизации воздействия на компоненты окружающей среды. Также немаловажной задачей проектирования полигонов является высокая их устойчивость к опасным природным явлениям (аномальные погодные условия, наводнения, землетрясения и т. д.) [3].

Если правильно спроектированные полигоны ТКО наносят минимальный ущерб окружающей среде, то несанкционированные свалки зачастую оказывают на нее значительное негативное воздействие. Существенными негативными последствиями несанкционированных свалок являются:

1. Формирование в недрах свалки токсичной жидкости («фильтрата»), которая при контакте с почвами и грунтовыми водами ведет к их загрязнению и распространению этого загрязнения на прилежащие территории.

2. Анаэробное брожение органических отходов, приводящее к формированию угарного газа и метана («свалочный газ»). В результате образования этих газов несанкционированные свалки становятся пожаро- и взрывоопасными; происходит распространение неприятного запаха и воздействие на климат (внесение негативного вклада в развитие парникового эффекта).

3. Несанкционированные свалки являются рассадниками птиц и грызунов, которые могут являться переносчиками многих инфекционных заболеваний, наносящих вред человеку и его хозяйственной деятельности.

4. Бесконтрольное увеличение площади свалки путем разноса мусора в результате воздействия сильного ветра. Также мусор может попадать в жилые районы из-за действий неблагополучных категорий граждан, бездомных животных (собак, кошек и т.д.).

Стоит отметить, что пожароопасность свалок является наиболее острой из вышеперечисленных проблем, так как может привести к множеству негативных последствий. Во-первых, во время горения некоторых видов отходов может происходить выброс в атмосферу ядовитых соединений (например, канцерогенные соединения – диоксины), которые могут привести к появлению тяжелых заболеваний и даже гибели людей. Во-вторых, пожар может распространиться на объекты строительства и растительность, вызвав при этом множество косвенных катастрофических последствий (гибель людей, уничтожение их жилых домов и т. д.).

Властями и общественными организациями в последние годы принимается множество усилий, направленных на улучшение сложившейся ситуации в стране.

Например, в 2017 г. была создана публичная интернет-карта (на которой каждый пользователь может оставить сообщение и указать координаты размещения несанкционированной свалки) для привлечения внимания властей и общественности [2]. С января 2019 г. все муниципальные органы обязали отвечать за создание, размещение и содержание контейнерных площадок для мусора. Вывоз мусора перешел в категорию обязательных коммунальных услуг, что, по мнению властей, предотвратит образование новых несанкционированных свалок [5].

Таким образом, увеличение объема отходов производства и потребления является весьма весомым фактором возникновения опасных явлений на территории России. В особую зону риска входят прилегающие к крупным городам территории, так как город зачастую является промышленным центром и центром образования отходов потребления. Наибольший вклад в появление чрезвычайно-опасных ситуаций вносят именно несанкционированные свалки, так как их создание и эксплуатация не контролируется государством и другими организациями. Решением данной проблемы может являться устранение уже существующих свалок и недопущение появления новых, что может быть осуществлено с помощью внедрения современных технологий переработки отходов и их вторичного использования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ). URL: https://wciom.ru/ (дата обращения: 07.05.2019).

2. Интерактивная карта свалок. URL: http://kartasvalok.ru/ (дата обращения: 07.05.2019).

3. СП-320.1325800.2017 Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация.

4. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Официальная статистика. Окружающая среда. Отходы производства и потребления. URL: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 07.05.2019).

5. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (последняя редакция).

МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С НАБЛЮДАЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В ВИДЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Н.В. Стреблянская[1], Ф.Б. Тебуева[2]

[1] Краснодарское Президентское кадетское училище Министерства обороны РФ, г. Краснодар

[2] Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

nata379k@mail.ru; fariza.teb@gmail.com

Анализ развития природных катастрофических явлений во всем мире показывает, что, несмотря на научно-технический прогресс, защищенность людей и техносферы от природных опасностей не возрастает. В настоящее время интенсивно развиваются наблюдательные средства за состоянием окружающей среды, которые включают в себя автоматизированные технологии сбора, передачи и мониторинга данных. Мониторинг окружающей среды и мониторинг неблагоприятных опасных природных явлений и процессов в нашей стране производится в соответствии со стандартом ГОСТ Р 22.1.02–95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения», который ссылается на следующие стандарты: ГОСТ Р 22.0.02–94, ГОСТ Р 22.0.03–95, ГОСТ Р 22.0.04–95, ГОСТ Р 22.0.05–94, ГОСТ Р 22.0.06–95, ГОСТ Р 22.1.02–95, ГОСТ 28906–91.

В соответствии с указанными выше стандартами весь перечень параметров чрезвычайных ситуаций можно разделить на 2 группы – наблюдаемые параметры и прогнозируемые параметры. Наблюдаемые параметры представляют собой процессы, за развитием которых осуществляется мониторинг. Получаемые в результате мониторинга данные о наблюдаемых параметрах будем называть «первичные данные от датчиков мониторинга окружающей среды» [Горбунов и др., 2015]. Прогнозируемые параметры представляют собой процессы, возникающие в результате совместного развития наблюдаемых процессов. Объектом

исследования в настоящей работе являются прогнозируемые параметры выбранной для моделирования природной чрезвычайной ситуации (ЧС). Параметры $A = \{a_1,\ldots, a_n\}$ можно получить инструментальными средствами мониторинга окружающей среды. Получаемые величины формируются во временные ряды, особенностями которых являются, во-первых, отсутствие длительной предстатистики в них (короткие временные ряды), во-вторых, наличие в них свойств нестационарности [Орлов, Осминин, 2011] и персистентности [Петерс, 2004]. В ситуации отсутствия возможности проведения мониторинга наблюдаемых параметров используются экспертные оценки. Экспертные оценки представляют собой нечеткие суждения, формализуемые в виде либо лингвистических нечетких переменных, либо числовых нечетких множеств [Демидова, Лукичев, 2017].

Предлагаемый метод математического моделирования природных ЧС с наблюдаемыми параметрами в виде временных рядов и нечетких множеств является универсальным для всех возможных видов ЧС. Вычислительная схема метода состоит из 7 шагов, кратко описанных ниже.

На шаге 1 для рассматриваемого вида ЧС в соответствии с нормативно-методическими документами определяется перечень наблюдаемых параметров $A = \{a_1,\ldots, a_n\}$ и прогнозируемых параметров $B = \{b_1,\ldots, b_m\}$.

На шаге 2 осуществляется разбиение множества A на подмножества A^1 наблюдаемых параметров, для которых возможен мониторинг, и A^2 наблюдаемых параметров, для которых мониторинг невозможен.

На шаге 3 осуществляется сбор первичных данных о наблюдаемых параметрах A^1 и A^2. Первичные данные о наблюдаемых параметрах A^1 представляют собой сформированные временные ряды $W^{A^1} = \langle w_i^{A^1} \rangle$, $i = 1,\ldots,I$, полученные в результате мониторинга окружающей среды. Первичные данные о наблюдаемых параметрах A^2 представляют собой нечеткие множества $\widetilde{W}^{A^2}$, полученные в результате опроса группы экспертов.

Метод построения нечетких множеств $\widetilde{W}^{A^2}$ состоит в следующем. Группе экспертов $s = 2,\ldots,d$ предлагается оценить наблюдаемые параметры A^2 в заданный временной интервал r. Для этого им предлагается выбрать типовой тренд функции принадлежности нечеткого множества и коэффициент интенсивности k. Для быстроразвивающихся природных процессов тренды функции принадлежности нечеткого множества имеют возрастающий характер и могут иметь один из 3 видов: равномерное возрастание с заданной интенсивностью k в виде линейного тренда $\mu(x) = k \cdot x + c$ (рис. 1а), ускоряющееся возрастание с заданной интенсивностью k в виде квадратичного тренда $\mu(x) = k \cdot x^2$ (рис. 1б), замедляющееся возрастание с заданной интенсивностью k в виде логарифмического тренда $\mu(x) = \log_a x$ (рис. 1в).

Получаемые в результате такого опроса нечеткие множества будут иметь дискретный носитель X={0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5;0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1}, который представляет собой значения интенсивности развития наблюдаемого параметра. Функция принадлежно-

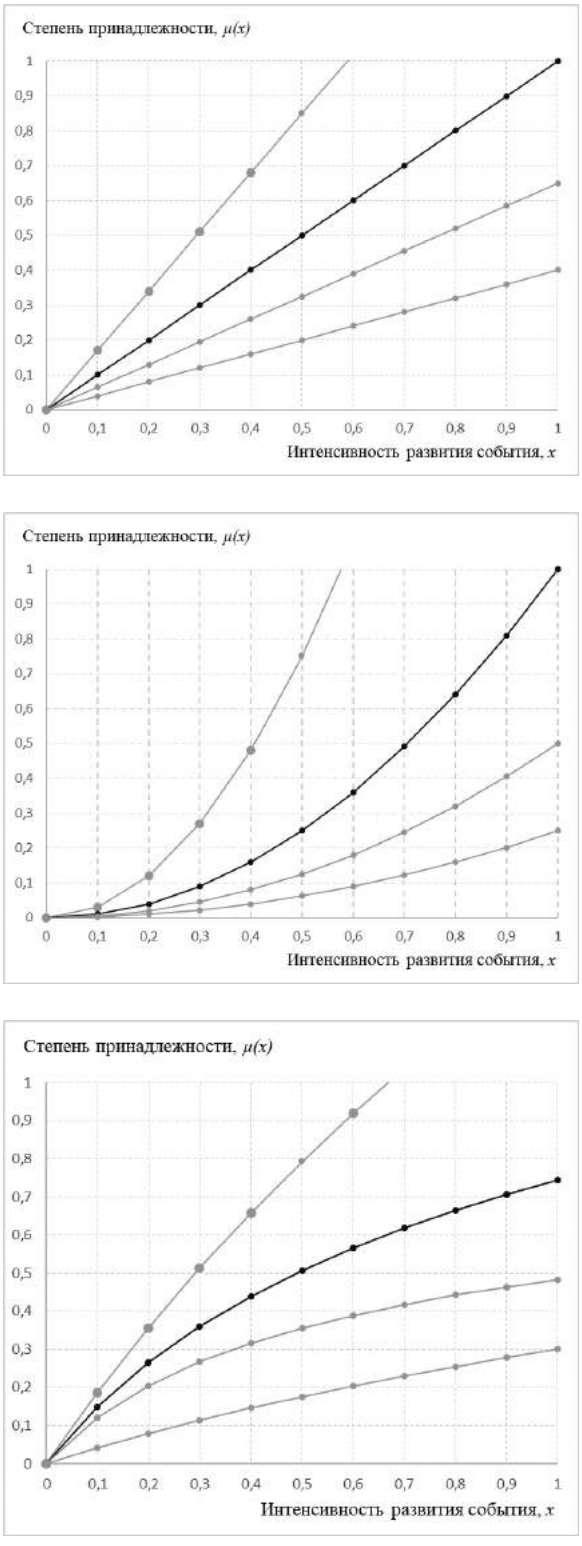


Рис. 1. Типовые тренды поведения наблюдаемых параметров чрезвычайных ситуаций: а) равномерное возрастание с заданной интенсивностью k, б) ускоряющееся возрастание с заданной интенсивностью k, в) замедляющееся возрастание с заданной интенсивностью

сти $M = \{\mu(0),\ldots, \mu(1)\}$ будет получаться путем дискретизации выбранной функции тренда. В результате получим нечеткие множества $\widetilde{W}_s^{A^2} = \{(x; \mu(x))\}$, где индексом s перенумерованы эксперты.

На шаге 4 производится обработка первичных данных – временных рядов W^{A^1} и нечетких множеств $\widetilde{W}_s^{A^2}$. Для временных рядов обработка предполагает получение прогнозных значений $\widehat{w}^{A^1}$ на заданный временной интервал r, для нечетких множеств $\widetilde{W}_s^{A^2}$ обработка предполагает процедуру обобщения мнений экспертов и дефаззификацию.

Прогнозирование временных рядов предлагается выполнять на базе уточненного метода Брауна, описание которого можно найти в работе [Стреблянская, Тебуева, 2016]. Расчетная формула будет иметь вид $\widehat{w}_{n+1} = D \cdot w_n + (1 - D) \cdot w_{n-1}$, где величина D является фрактальной размерностью временного ряда $D = 2 - \widetilde{H}$. Алгоритм вычисления усредненного показателя Херста $\widetilde{H}$ приведен в работах [Петерс, 2004; Стреблянская, Тебуева, 2016]. Оценить погрешность прогнозирования можно путем вычисления относительных отклонений получаемых прогнозных значений от фактических значений в процентном соотношении $\delta_i = \frac{|\widehat{w}_i - w_i|}{w_i} \cdot 100\%$.

Перед обобщением экспертных оценок необходимо произвести корректировку степеней принадлежности $\mu(x)$ путем умножения их на степени доверия z каждому эксперту $\widetilde{W}_{s,корр}^{A^2}(x) = \{(x; z_s \cdot \mu(x))\}$. Обобщать мнение экспертов по параметрам наблюдения предлагается по формуле $\widetilde{W}_{обобщ}^{A^2}(x) = \{\bigcup(x; (z_s \cdot \mu(x)))\}$. Для дальнейшей обработки полученных экспертных оценок состояний параметров наблюдения необходимо выполнить операцию дефаззификации [Демидова, Лукичев, 2017]. Из известных методов дефаззификации предлагается выбрать метод максимума, в котором оцениваемая величина определяется по формуле $\overline{w}_{def}^{A^2} = f(x; max(\mu(x)))$. Выходной информацией на данном шаге является абсолютное значение состояния наблюдаемого процесса $\overline{w}^{A^2} = f(x|_{max(\mu(x))})$, где с помощью функции f осуществляется перевод интенсивности развития события в абсолютное значение состояния наблюдаемого процесса в заданный момент времени.

На шаге 5 осуществляется расчет прогнозируемых показателей $B = \{b_1,\ldots, b_m\}$ на основе конкретного для каждого вида ЧС стандартизированного методического аппарата. Прогнозируемые параметры представляют собой функционал $B = F(A)$.

На шаге 6 производится расчет коэффициентов k_i, $i = \overline{1,n}$, превышения критических значений наблюдаемыми параметрами и степеней их влияния на прогнозируемые параметры. Пусть p_i, $i = \overline{1,n}$, – предельные значения наблюдаемых параметров, $\widehat{w}_i$ – прогнозные значения наблюдаемых параметров, включающие в себя как $\widehat{w}^{A^1}$, так и $\overline{w}^{A^2}$. Коэффициенты превышения критических значений k_i наблюдаемыми параметрами предлагается оценивать по схеме

$$k_i = \begin{cases} 0, \text{ если } div\left(\frac{\widehat{w}_i}{p_i}\right) = 0, \\ mod\left(\frac{\widehat{w}_i}{p_i}\right), \text{ если } div\left(\frac{\widehat{w}_i}{p_i}\right) = 1, \\ 1, \text{ если } div\left(\frac{\widehat{w}_i}{p_i}\right) > 1, \end{cases}$$

где *div* – целая часть от деления числителя на знаменатель дроби, *mod* – остаток от деления числителя на знаменатель дроби. В результате получим коэффициенты $k = (k_{a_1}, k_{a_2},\ldots, k_{a_n})$ превышения критических значений наблюдаемыми параметрами.

Для оценок степеней влияния наблюдаемых параметров на прогнозируемые параметры следует рассмотреть функционал $B = F(A)$. Следует построить функциональную зависимость каждого прогнозируемого параметра (результирующего природного события или явления) $B = F(\widehat{w}^{A^{1,1}}, \widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \widehat{w}^{A^{1,j}}, \overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \overline{w}^{A^{2,n}})$. Далее следует произвести моделирование значений B при изменении каждого входного параметра по отдельности:

$$B(\Delta\widehat{w}^{A^{1,1}}) = F(\Delta\widehat{w}^{A^{1,1}}, \widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \widehat{w}^{A^{1,j}}, \overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \overline{w}^{A^{2,n}}),$$
$$B(\Delta\widehat{w}^{A^{1,2}}) = F(\widehat{w}^{A^{1,1}}, \Delta\widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \widehat{w}^{A^{1,j}}, \overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \overline{w}^{A^{2,n}}),$$
$$\ldots$$
$$B(\Delta\widehat{w}^{A^{1,j}}) = F(\widehat{w}^{A^{1,1}}, \widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \Delta\widehat{w}^{A^{1,j}}, \overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \overline{w}^{A^{2,n}}),$$
$$B(\Delta\widehat{w}^{A^{1,j+1}}) = F(\widehat{w}^{A^{1,1}}, \widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \widehat{w}^{A^{1,j}}, \Delta\overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \overline{w}^{A^{2,n}}),$$
$$\ldots$$
$$B(\Delta\widehat{w}^{A^{2,n}}) = F(\widehat{w}^{A^{1,1}}, \widehat{w}^{A^{1,2}},\ldots, \widehat{w}^{A^{1,j}}, \overline{w}^{A^{2,j+1}},\ldots, \Delta\overline{w}^{A^{2,n}}),$$

где Δ представляет величину увеличения входных значений на 10, 20, 30, 40, 50 %. В результате такого моделирования найдем степени влияния $c = (c_{a_1}, c_{a_2},\ldots, c_{a_n})$ наблюдаемых параметров на прогнозируемые параметры.

На шаге 7 необходимо выбрать наиболее опасные наблюдаемые параметры. Будем называть наиболее опасными наблюдаемыми параметрами те из них, которые при высоком коэффициенте превышения критических значений имеют высокие степени влияния на прогнозируемые параметры. То есть для выбора наиболее опасных наблюдаемых параметров нужно решить задачу с двумя критериями $F_1 = k_{a_i} \rightarrow max$, $F_1 = c_{a_i} \rightarrow max$.

Предложенный метод позволяет моделировать состояние потенциально опасных природных ситуаций с целью выявления наиболее опасных наблюдаемых параметров и принятия решения о проведении специальных мер по снижению их опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов С.В., Грязнов С.Н., Ильков А.В., Малышев В.П., Пучков М.В. Организация мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. Т. 5. № 2 (9). С. 56–70.

2. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами. СПб.: Университет ИТМО, 2017. 81 с.

3. Орлов Ю.Н., Осминин К.П. Нестационарные временные ряды: методы прогнозирования с примерами анализа финансовых и сырьевых рынков. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 384 с.

4. Петерс Э. Фрактальный анализ финансов. М.: Интернет-Трейдинг, 2004. 304 с.

5. Стреблянская Н.В., Тебуева Ф.Б. Адаптивный метод прогнозирования для коротких временных рядов природных процессов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер. «Естественные и технические науки». 2016. № 6. С. 83–87.

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ АМУДАРЬИ В ПРЕДЕЛАХ УЗБЕКИСТАНА

Э.И. Чембарисов[1], М.Н. Рахимова[1], З.У. Тиллаева[2]

[1] Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Узбекистан

[2] Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Узбекистан

echembar@mail

Необходимость научных и практических исследований по гидрохимии поверхностных вод бассейна Аральского моря все более очевидна в последние годы. Это связано с постоянным ухудшением качества воды в различных частях региона. Качество водных ресурсов должно рассматривать с учетом условий их использования в различных целях: для питья, бальнеологии, сельского хозяйства, технических целей и коммунальных.

Целью данных исследований является проведение гидроэкологического мониторинга оросительных вод и разработка научных и практических предложений по их использованию. В соответствии с поставленной целью в работе ставятся следующие задачи: а) изучение гидрохимического режима поверхностных вод бассейна Аральского моря и современного состояния их качества; б) гидрохимические проблемы, которые необходимо решить; в) способы решения этих проблем.

В работе использована база данных Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем, в котором много внимания уделялось исследованиям изменения водного и гидрохимического режима речных и коллекторно-дренажных вод бассейна Аральского моря [1–8]. Эти исследования проводились сотрудниками лаборатории гидрометрии и метрологии на основе комплексного бассейнового метода [1].

Предлагаемый метод гидроэкологического мониторинга. При проведении гидроэкологического мониторинга необходимо учитывать не только влияние физико-географических характеристик (геологическая структура, почвенный покров, климат, гидрологический режим рек и др.), но и антропогенных факторов (сброс в реки коллекторно-дренажных вод с орошаемых полей, влияние промышленных сточных вод, гидротехнических и мелиоративных мероприятий). Особое внимание необходимо уделить оценке изменения величины минерализации и химического состава воды по длине рассматриваемых рек.

Таблица 1. Оценка качества воды и гидрологического состояния территории (классификация НИИ ирригации и водных проблем)

Критерии оценки	Качество воды	Гидроэкологическая обстановка
Не должна превышать содержание ПДК элементов по официальным источникам [ГОСТ-2874–82; «Вода питьевая» Сан ПиН 4630–88; Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения; последний перечень ПДК института НИГМИ и др.]	**Хорошее**	***Близка к естественной***
2–3 ингредиента, превышающие ПДК, относящихся к самым низким классам опасности отдельных элементов для здоровья человека (а именно к IV и III классам)	***Удовлетворительное***	***Слабо нарушена***
5–6 ингредиентов, превышающих ПДК и относящихся к IV и III классам опасности или 1–2 ингредиента, превышающих ПДК и относящихся к I–II классам опасности	***Плохое***	***Заметно нарушена***
Значительное количество ингредиентов, превышающих их ПДК и относящихся к I–II классам опасности	***Опасное***	***Сильно нарушена***

Примечание. Классы опасности выделены по СанПиН 4630–88: I класс – чрезвычайно опасные ингредиенты; II – высокоопасные; III класс – опасные ингредиенты и IV класс – умеренно опасные ингредиенты.

Исследования гидрохимии поверхностных вод в бассейне Аральского моря продолжают сокращаться, особенно в Киргизии, Таджикистане, Туркменистане и некоторых регионах Казахстана и Узбекистана.

Согласно опытным оценкам, ежегодный объем водных ресурсов бассейна Аральского моря (минерализация воды Аральского моря составляла от 9–10 до 115–120 г/л за 1960–2017 гг.) составляет приблизительно 120 км^3 [2]. Ежегодный объем современного стока коллекторно-дренажных вод, который отчетливо ухудшает гидроэкологию территории, составляет 33–35 км^3 [2], что составляет 30 % от всех возобновляемых водных ресурсов бассейна. В бассейне Амударьи, включающем зоны Каракумского канала вместе с Мургабским и Тедженским ирригационным районом, объем коллекторных вод составляет 21–22 км^3 со средней минерализацией от 1,8 до 14,2 г/л [2]. В бассейне Сырдарьи – 13–14 км^3 со средней минерализацией от 1,7 до 6,0 г/л [2]. Речные воды, и особенно коллекторно-дренажные воды региона, сильно загрязнены.

Анализ данных гидрохимических бюллетеней за последние годы [3] и результаты собственных измерений показали, что воды содержат пестициды, тяжелые металлы (кадмий, стронций и другие), нефтепродукты, фенолы и другие токсические элементы.

Тревожная гидрохимическая ситуация складывается вблизи Аральского моря и на территории Южного Приаралья. В настоящее время в связи с обострением проблемы использования стока трансграничной реки Амударьи возросла необходимость применения и использования различных методов оценки использования стока и его качества по длине реки, а также изучения гидроэкологического состояния поверхностных и грунтовых вод различных частей и оазисов речных бассейнов. Подобные исследования были проведены бассейновым ландшафтно-галогеохимическим методом [1; 4–6].

Одним из теоретических положений данного метода является анализ изменения гидрохимического режима рек с учетом степени и типа засоления орошаемых почв в бассейне реки или в пределах отдельного ирригационного района. При этом одновременно учитывается минерализация коллекторно-дренажных и грунтовых вод орошаемой зоны, содержание солей в которых отражается на поверхности земли через степень засоления почв.

Гидроэкологическое состояние бассейна р. Кашкадарьи. В Кашкадарьинском бассейне развито интенсивное орошаемое земледелие, и поэтому как сама Кашкадарья, так и ее притоки практически полностью разбираются на орошение. Собственных водных ресурсов для этой цели в бассейне не хватает, и оросительные системы подпитываются каналом из бассейна р. Зеравшан. Вся западная часть бассейна питается водами Амударьи, подаваемыми по Каршинскому магистральному каналу (КМК).

Из общей площади орошаемых земель порядка 495,0 тыс. га в верхней зоне расположены 190,0 тыс. га, на территории районов нижней зоны – 305,0 тыс. га. Водные ресурсы области представляют собой сумму лимитов водоподачи из рек Амударья и Заравшан, объем стока р. Кашкадарья и коллекторно-дренажные воды, пригодные к использованию.

Объем поверхностных вод по области составляет 6,7 км^3, в том числе собственные ресурсы речного стока – 1,3 км^3, или 19 % от общего количества.

По верхней зоне величина дренажно-сбросного стока колеблется в пределах 220–300 млн м^3, что составляет 20 % от водоподачи. Основная часть возвратного стока формируется на территории новой зоны орошения, где доля возврата от водоподачи увеличивается до 45 %, а объем стока составляет 1400–1800 млн м^3 [4].

Для улучшения водообеспеченности земель в долину Кашкадарьи была осуществлена переброска сначала зарафшанской воды, а затем и амударьинской. Сток Кашкадарьи используется на орошение только в пределах ее долины, так как все земли, расположенные ниже г. Карши, получают воду из Амударьи. Однако в долине Кашкадарьи свободных площадей значительно больше, чем можно оросить за счет речных вод.

В последние годы химический состав воды в бассейне р. Кашкадарьи Узгидрометом определяется на семи створах: 1) р. Кашкадарья – кишл. Варганза; 2) р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи; 3) р. Кашкадарья – пос. Чимкурган; 4) р. Акдарья (Аксу) – г. Шахрисабз; 5) р. Акдарья – кишл. Хисарак; 6) р. Танхизыдарья – кишл. Каттагон; 7) Левобережный канал Чимкурганского водохранилища – пос. Чимкурган. Наименьшие величины минерализации наблюдаются в р. Кашкадарья у кишл. Варганза, в р. Акдарья у г. Шахрисабза и у кишл. Хисарак, в р. Танхизыдарья – у кишл. Каттагон – 0,16–0,27 г/л; в р. Кашкадарья – у кишл. Чиракчи она увеличивается до 0,32–0,40 г/л, у пос. Чимкурган – до 0,79–1,09 г/л. В левобережном канале Чимкурганского водохранилища она равна 0,71–0,73 г/л.

Согласно проведенной оценке [4], гидроэкологическое состояние бассейна р. Кашкадарья является нарушенным.

Гидроэкологическое состояние Республики Каракалпакстан. Сложность геологического строения дельты р. Амударьи, наличие и хозяйственное использование орошаемых земель в дельте обусловливает особенности ее гидрогеологических условий формирования режима грунтовых вод. В плане проведения гидроэкологического мониторинга большой практический интерес вызывает анализ минерализации и состояния грунтовых вод за многолетний период.

Анализ имеющихся данных гидрогеолого-мелиоративной обстановки по динамике грунтовых вод на орошаемых землях показал, что высокие уровни грунтовых вод наблюдаются в марте и апреле, в период интенсивных промывных поливов, по окончании промывов происходит некоторое падение уровня.

По условиям формирования грунтовых вод низовья р. Амударьи отличаются от остальных оазисов Узбекистана тем, что главная речная артерия здесь проходит по командным отметкам территории, формируя потоки грунтовых вод, движущиеся от реки в глубь оазиса.

В последние годы на орошаемой площади размером 515,3 тыс. га грунтовые воды на глубине 0–1 м занимают 7,8 тыс. га; 1–1,5 м – 48,9 тыс. га; 1,5–2 м – 267,8 тыс. га; 2–3 м – 120,9 тыс. га; 3–5 м – 66,9 тыс. га; более 5 м – 2,25 тыс. га. Минерализация грунтовых вод изменяется следующим образом: 0–1 г/л – 2,7 тыс.га; 1–3 г/л – 439,7 тыс. га; 3–5 г/л – 72,8 тыс. га; 5–10 г/л – 6,06 тыс. га и более 10 г/л – 0,3 тыс. га [4; 5].

Если современная минерализация воды в верхнем течении р. Амударьи равна 0,47–0,58 г/л, то к нижнему течению у створа Туямуюн она повышается до 0,69–0,86 г/л, а у г. Нукуса (Саманбай) превышает 1,23 г/л. Преобладающий химический состав сульфатно-хлоридный-магниево-кальциево-натриевый (СХ-МКН). Согласно проведенной оценке, гидроэкологическое состояние Республики Каракалпакстан является сильно нарушенным.

Практические рекомендации. Для практических решений отмеченных проблем требуется выполнение работ по следующим основным направлениям:

– развитие научной базы исследований по всем аспектам качества воды и охраны водных ресурсов;
– принятие законов и административных документов по охране воды и улучшению их качества;
– выполнение различных инженерных, технологических и других мер по перечисленным проблемам.

Основные условия для успешного выполнения рекомендаций по гидрохимическим исследованиям следующие:

- строгое выполнение закона «О воде и водопользовании», который был принят в Узбекистане, и принятие подобных законов другими правительствами региона;
- создание сети всестороннего мониторинга со своевременным сообщением об изменениях качества воды и оценкой; принятие мер по ликвидации негативных процессов;
- создание водоохранных зон вдоль берегов и буферных полос с целью удобства управления водой для целей защиты от загрязнений речных вод и деградации земель.

Выводы

1. Предложена блок-схема гидроэкологического мониторинга поверхностных водных ресурсов бассейна Аральского моря.

2. Основываясь на критериях данной блок-схемы, изучено гидроэкологическое состояние поверхностных вод крупных орошаемых массивов бассейна р. Амударьи: Сурхандарьинского, Кашкадарьинского, Хорезмского и орошаемой зоны Республики Каракалпакстан.
3. Согласно проведенному анализу, гидроэкологическое состояние в отмеченных оазисах изменяется от слабо нарушенного (Сурхандарьинский оазис) до сильно нарушенного (орошаемая зона Республики Каракалпакстан).
4. Одним из самых опасных факторов для орошаемой зоны Центральной Азии является процесс засоления поливных земель. По проведенным расчетам, на орошаемые поля ежегодно поступает 50–55 млн т различных солей. Данное обстоятельство является причиной ухудшения гидроэкологического состояния орошаемых массивов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю., Насрулин А.Б. Бассейновый ландшафтно-галогеохимический метод при решении мелиоративных задач // Водные ресурсы и водопользование. Алматы, 2015. № 2 (133). С. 46–48.

2. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укутувчи, 1989. 235 с.

3. Гидрохимический бюллетень качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 1975–2015 гг.

4. Чембарисов Э.И., Насрулин А.Б., Лесник Т.Ю., Хожамуратова Р.Т. Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи). Нукус: Qaraqolpaqstan, 2016. 208 с.

5. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан. Нукус: Билим, 2008. 56 с.

6. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Гидрологическая экология Узбекистана и ее задачи // Вестник КГУ им. Бердаха. Нукус, 2010. № 3–4. С. 27–29.

7. Насрулин А.Б. Методика гидрологического мониторинга при создании информационных блоков системы поддержки решений для управления водными ресурсами бассейна р. Амударьи // К 80-летию САНИИРИ им. В.Д. Журина (1925–2005 гг.): сб. науч. трудов. Ташкент, 2006. С. 334–331.

8. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан (2008–2011 гг.). Ташкент: Chinor ENK, 2013. 254 с.

АЭРОЗОЛЬНЫЙ ЛИДАР ДЛЯ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

В.Г. Шеманин
Новороссийский политехнический институт (филиал) Кубанского государственного технологического университета, г. Новороссийск

Выбросы аэрозоля при производстве цемента оказывают значительное негативное влияние на окружающую среду. Атмосферное загрязнение таким аэрозолем приводит не только к загрязнению окружающей среды, но также и к потерям произведенного сырья [1; 2]. Одним из основных параметров выброса аэрозоля, которым управляют в реальном производстве, является распределение частиц по размерам, или дисперсный состав. Числовым параметром, характеризующим функцию распределения частиц по размерам, является средний объемно-поверхностный размер частиц – диаметр $d32$, который хорошо коррелирует с другими средними параметрами распределения, такими как средний геометрический диаметр и стандартное геометрическое отклонение логарифмически нормального распределения [3]. Этот же параметр измеряется по дифференциальному поглощению, как и в работе [4], что позволяет восстанавливать функцию распределения частиц по размерам с достаточной степенью точности. Лидарный сигнал рассеяния Ми частицами аэрозоля также будет зависеть от этой функции [4].

Целью работы является исследование зависимости сигнала аэрозольного лидара от диаметра d32 частиц цементного аэрозоля. Диаметры частиц цементного аэрозоля находятся в диапазоне от 0,1 до 100 μm [5]. Функция распределения размера частиц правильно описывается функцией логарифмически нормального распределения [5].

Сигнал аэрозольного лидара в направлении назад из измерительного объема, сформированного лабораторным генератором частиц цементного аэрозоля в воздушном потоке [4], регистрировался приемным телескопом типа Ньютона диаметром 120 мм и через волоконный ввод подавался на вход микроспектрометра типа FSD-8, работающего под управлением ПК. В лабораторном лидаре в качестве излучателя использовался YAG-Nd-лазер, работающий на второй гармонике с длиной волны 532 нм в непрерывном режиме с мощностью до 0,2 Вт. Через воздушный поток, сформированный на выходе газохода, пропускались четыре лазерных луча, один на 532 нм – лидара и три луча на 405, 650 и 1064 нм в схеме дифференциального ослабления направлялись на один фотоприемник со своей схемой обработки сигнала – как в работе [6]. Калибровка всей установки была выполнена в лабораторных условиях на расстояниях до 2 м [7].

Результаты лабораторных измерений позволили определить по известным оптическим константам и заданной геометрии мощность сигнала лидара на длине волны 532 нм, приходящуюся на единицу размера частиц около *d32* диаметра, которое равно (6,7 ± 1,6) Вт/м. Проверка этих данных была выполнена численным решением лидарного уравнения для упругого рассеяния Ми для частиц цементного аэрозоля [4], в котором коэффициент рассеяния был представлен как линейная функция диаметра частиц *d32*. Результаты моделирования для реальных цементных частиц дали значение мощности сигнала лидара, приходящуюся на единицу размера частиц около *d32* диаметра, равное (5,6 ± 0,9) Вт/м. Результат моделирования подтверждает результаты экспериментов с хорошей точностью.

Таким образом, была создана лабораторная установка для одновременного измерения спектрального коэффициента пропускания лазерного излучения на трех длинах волн и мощности рассеяния Ми в направлении на длине волны 532 нм [7]. Решение этой задачи дает возможность восстановить реальную функцию распределения частиц по размерам [3].

Работа выполнена при поддержке основной части Госзадания Министерства образования и науки РФ, задание № 5.7721.2017/БЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко В.В., Чартий П.В., Чартий Р.П., Шеманин В.Г. Исследование дисперсного состава приземного атмосферного аэрозоля оптическими методами // ЛАЗЕР-ИНФОРМ. 2005. № 18. С. 7–10.

2. Дьяченко В.В., Чартий П.В., Чартий Р.П., Шеманин В.Г. Контроль аэрозолей в приземном слое атмосферы // Безопасность в техносфере. 2008. № 3. С. 36–43.

3. Половченко С.В., Привалов В.Е., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Восстановление функции распределения частиц по размерам на основе данных многоволнового лазерного зондирования // Оптический журнал. 2016. Т. 83. № 5. С. 43–49.

4. Веденин Е.И., Половченко С.В., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования // Безопасность в техносфере. 2016. № 1 (58). С. 41–47.

5. Лапшин А.Б. Технология обеспыливания в цементном производстве. Новороссийск: НПО «Стромэкология», 1995. 150 с.

6. Privalov V.E., Rybalko A.V., Charty P.V., Shemanin V.G. Effect of noise and vibration on the performance of a particle concentration laser meter and optimization of its parameters // Technical Physics. 2007. Vol. 52. No. 3. P. 352–355.

7. Privalov V.E., Shemanin V.G., Charty P.V. Polydisperse Aerosol in air flow Mi Scattering Indicatrix Experimental Studies // Proc. SPIE. 2004. Vol. 5447. P. 242–250.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУХУМСКОГО РОЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2012 г. МЕТОДАМИ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ

В.Л. Шестопалов[1], Е.А. Глазырин[2], В.А. Фоменко[2], М.В. Карцева[2], В.А. Куликова[2], А.М. Бородако[2]
[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]АО «Южморгеология», г. Геленджик
shestopalov@ssc-ras.ru; eaglazyrin@mail.ru

Представлены результаты исследования сейсмической активности в районе Черноморского побережья РФ в 2012 г. с использованием сети спутниковых геодезических пунктов (СГП), созданной АО «Южморгеология» совместно с Южным научным центром Российской академии наук (ЮНЦ РАН) и Кубанским государственным университетом (КубГУ). Были использованы региональная сеть сейсмостанций, а также показания содержания гелия в пунктах геофизических наблюдений АО «Южморгеология». Задачей исследования было выявление ранних признаков накопления сейсмоупругой энергии в геофизической среде с целью разработки системы прогнозных признаков возможных землетрясений.

Сейсмическая активность в районе Черноморского побережья РФ усиливалась с мая по декабрь 2012 г. В этот период региональной сетью сейсмостанций АО «Южморгеология» было зафиксировано 16 землетрясений с магнитудами (M) от 3,3 до 4,8 и 23 декабря 2012 г. в акватории Чёрного моря в 150 км к юго-востоку от Адлера и в 40 км от побережья произошло землетрясение средней силы с M = 5,7 на глубине 10 км. Следующий толчок в том же месте был зафиксирован 25.12.2012 (M = 5,4) с глубиной гипоцентра 2 км. Землетрясения силой 5 баллов по шкале MSK-64 ощущались на всём Черноморском побережье Краснодарского края от Сочи до Новороссийска с последующим роем слабых сейсмических ударов каждые сутки вплоть до марта 2013 г. (рис. 1).

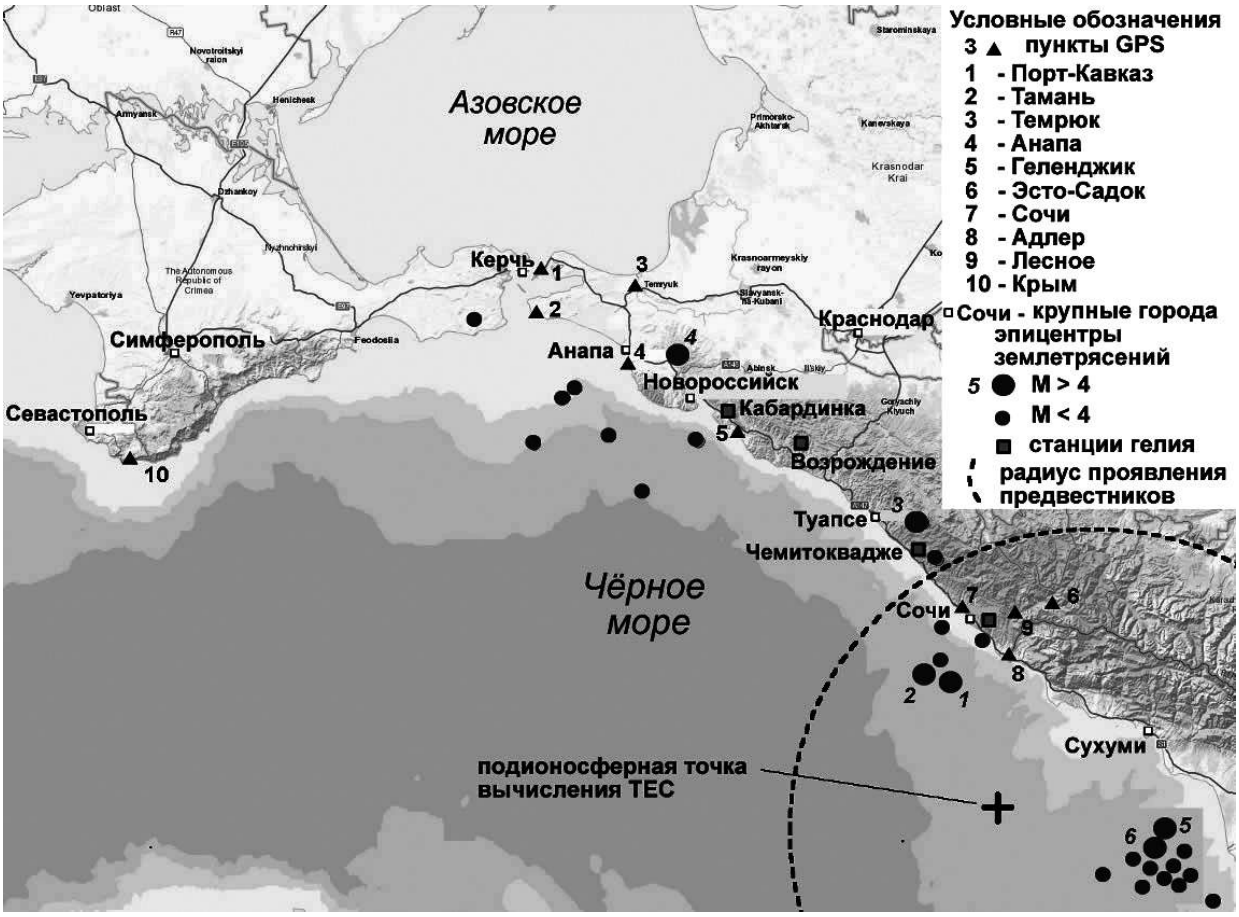


Рис. 1. Сеть спутниковых геодинамических пунктов и станций гелия в период повышенной сейсмичности в районе Черноморского побережья РФ в 2012 г.

Цифры у эпицентров – это номера землетрясений с магнитудами более 4 (табл. 1). На рисунке 1 указан радиус проявления предвестников землетрясения с M = 5,7, а также подионосферная точка вычисления полной ежесуточной концентрации электронов в ионосфере (TEC).

Оценить время подготовки землетрясения ΔT магнитудой M можно по формуле [Садовский, Писаренко, 1991]:

$$\lg\Delta T = 0{,}79M - 1{,}88, \quad (1)$$

где ΔT – время в сутках.

Для M = 5,7 значение ΔT составляет примерно 1 год и 2 месяца, для M = 5,4 ΔT = *8* месяцев. Согласно современным представлениям, предвестники сильного землетрясения (M ≥ 5), с учетом размеров очага L = 6–7,0 км [Бабешко и др, 2016], могут проявиться на площади радиусом R = 30L, т. е. на расстояниях от 180 до 210 км [Машимов, 1995]. В 2012 г. в радиусе действия предвестников находились СГП восточного фрагмента сети Сочи и Эсто-Садок, введенные в эксплуатацию в 2011 г., и пункт Лесное, с началом работы с августа 2012 г. В пределах проявления предвестников в 2012 г. работали станции гелия Сочи и Чемитоквадже.

Таблица 1. Характеристики землетрясений в районе Черноморского побережья Кавказа в 2012 г.

№ сейсм. события	Дата	Координаты эпицентра, градусы		Глубина очага, км	M
		Широта	Долгота		
1	30.05.2012	43,39 N	39,52 E	10	4,5
2	26.06.2012	43,44 N	39,44 E	10	4,0
3	15.11.2012	44,15 N	39,30 E	20	4,2
4	10.12.2012	44,99 N	37,57 E	10	4,8
5	23.12.2012	42,58 N	40,98 E	10	5,7
6	25.12.2012	42,54 N	40,94 E	2	5,4

На рисунке 2 показано движение СГП Сочи в горизонтальной плоскости в 2012–2013 гг.

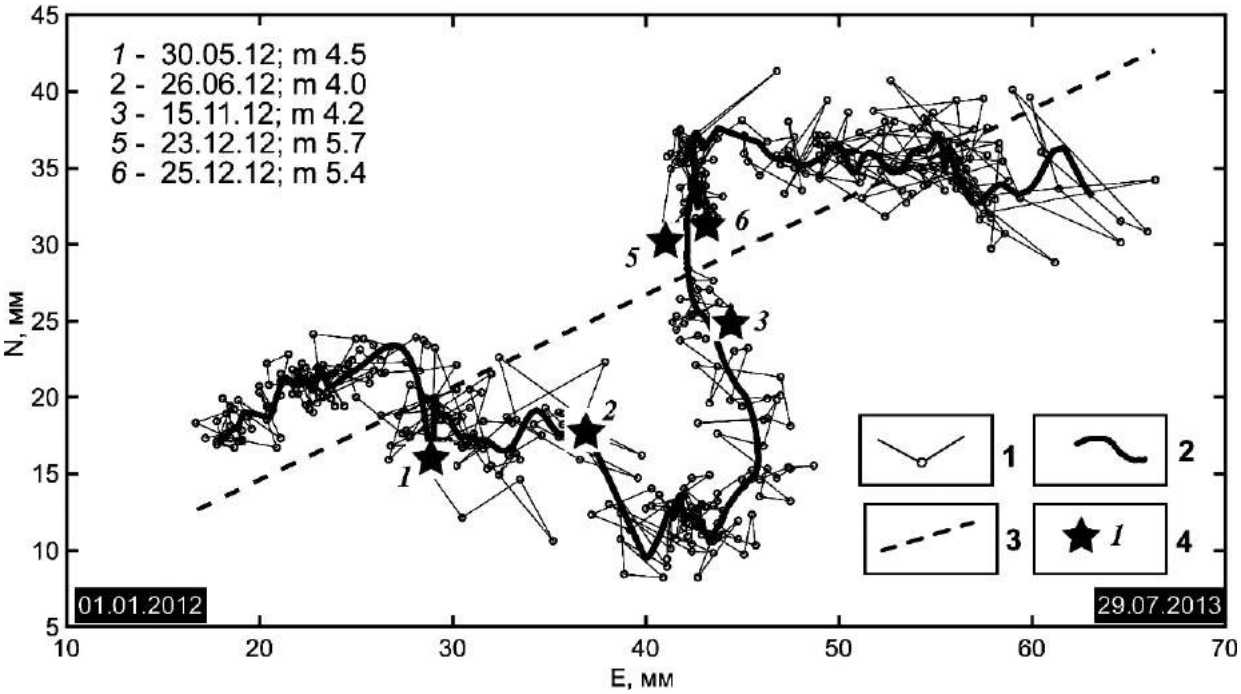


Рис. 2. Движение пункта Сочи в горизонтальной плоскости и сейсмичность в 2012 г.
Траектории движения: 1 – исходная (посуточная), 2 – сглаженная, 3 – тренд, 4 – ближайшие сейсмособытия и даты. Даты на темном фоне указывают на начало и конец наблюдений.
N, E – смещение в северном и восточном направлении соответственно

С мая 2012 г. заметно развитие глубокой юго-восточной аномалии горизонтального движения относительно тренда, завершившейся через 8 месяцев землетрясениями магнитудами 5,7 и 5,4, что согласуется с оценкой времени подготовки (1). Декабрьские сейсмические события 23 и 25 декабря 2012 г. проходили на фоне поднятия земной поверхности на СГП Сочи, Лесное и Эсто-Садок.

В последние годы на основе экспериментальных и теоретических исследований установлена связь физических процессов в литосфере и ионосфере в период подготовки сильных землетрясений [Липеровский и др., 1992]. В настоящей работе степень ионосферных и атмосферных возмущений определялась прямым вычислением пространственного смещения (d$\boldsymbol{X}$) фазового центра приемной антенны GPS:

$$d\boldsymbol{X} = \boldsymbol{X}_a - \boldsymbol{X},$$

где $\boldsymbol{X}_a$ – вектор местоположения с учетом ионосферных и атмосферных поправок, $\boldsymbol{X}$ – вектор местоположения без учета атмосферных поправок.

На рисунке 3 приводятся графики вариаций атмосферных поправок по высоте и в горизонтальной плоскости пункта Сочи в 2011–2012 гг.

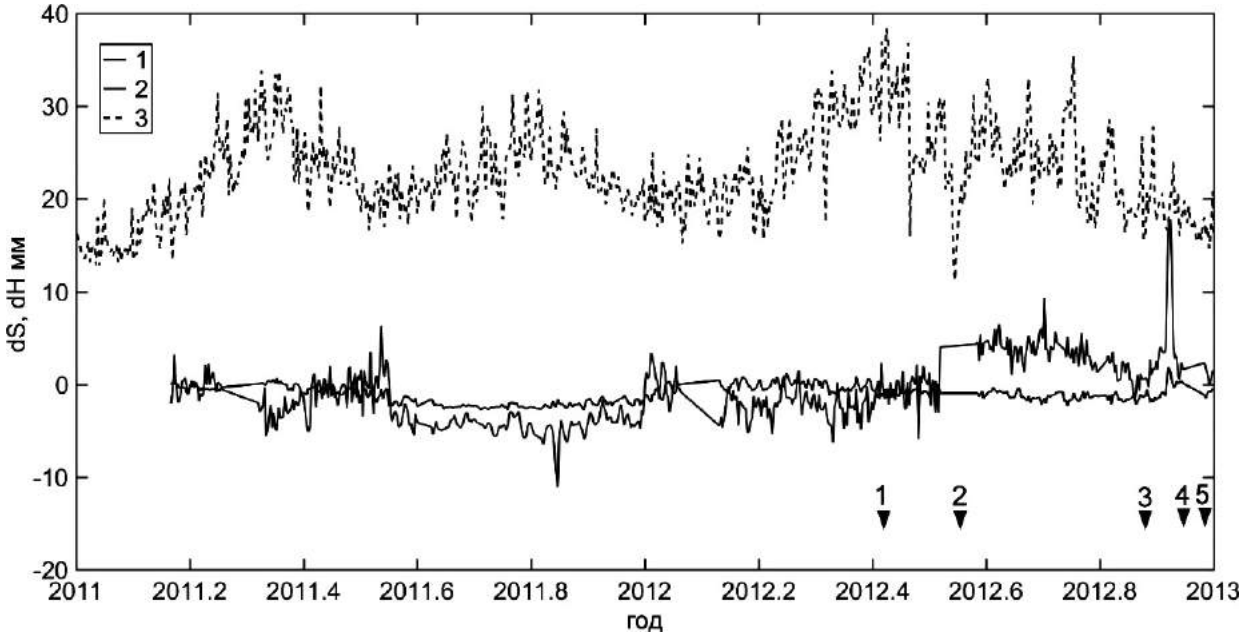


Рис. 3. Вариации атмосферных поправок пункта Сочи в 2011–2012 гг.
1 – вариация в горизонтальной плоскости (d*S*); 2 – вариация по высоте (d*H*); 3 – полная концентрация электронов (TEC) в ионосфере в точке, указанной крестиком на рис. 1, в единицах 0,02·TECu. Черными треугольниками отмечены сейсмические события и их номера в таблице 1

Из графиков видно, что вариации атмосферных поправок (d*S*) по амплитуде проходили на уровне шума измерений 3–4 мм с незначительным всплеском перед событиями 4 и 5. Вариации по высоте (d*H*) с июня начали проявлять устойчивые аномальные значения с резким подъемом за 5–6 дней до первого толчка сейсмособытия 4, которое произошло 10.12.2012, с магнитудой 4,8. В то же время активность ионосферы с мая 2012 г. проявляет постепенный спад. С конца ноября 2012 г. аномальные вариации содержания гелия начали проявляться на станциях Сочи и Чемитоквадже (рис. 4). Всплески содержания гелия наблюдались на станциях Возрождение, Кабардинка и Чемитоквадже перед событием 1 в акватории Чёрного моря у берегов Сочи 30.05.2012 (M = 4,5).

Выполненный анализ показывает, что время и дальность проявления аномального движения СГП Сочи в горизонтальной плоскости для событий с M = 5,4 и 5,7 соответствует эмпирическим оценкам, ранее полученным в работе [Садовский, Писаренко, 1991]. Дополнительную информацию о времени наступления сейсмического события такой силы может дать мониторинг атмосферных поправок, получаемых в процессе GPS-измерений и отражающих характер ионосферных сейсмовариаций. Повышенные показания содержания гелия на станциях мониторинга носят локальный характер и могут быть использованы в процессе комплексной обработки данных измерения всех наблюдаемых геофизических и газо-геохимических полей при определении среднесрочного прогнозного признака сильного землетрясения.

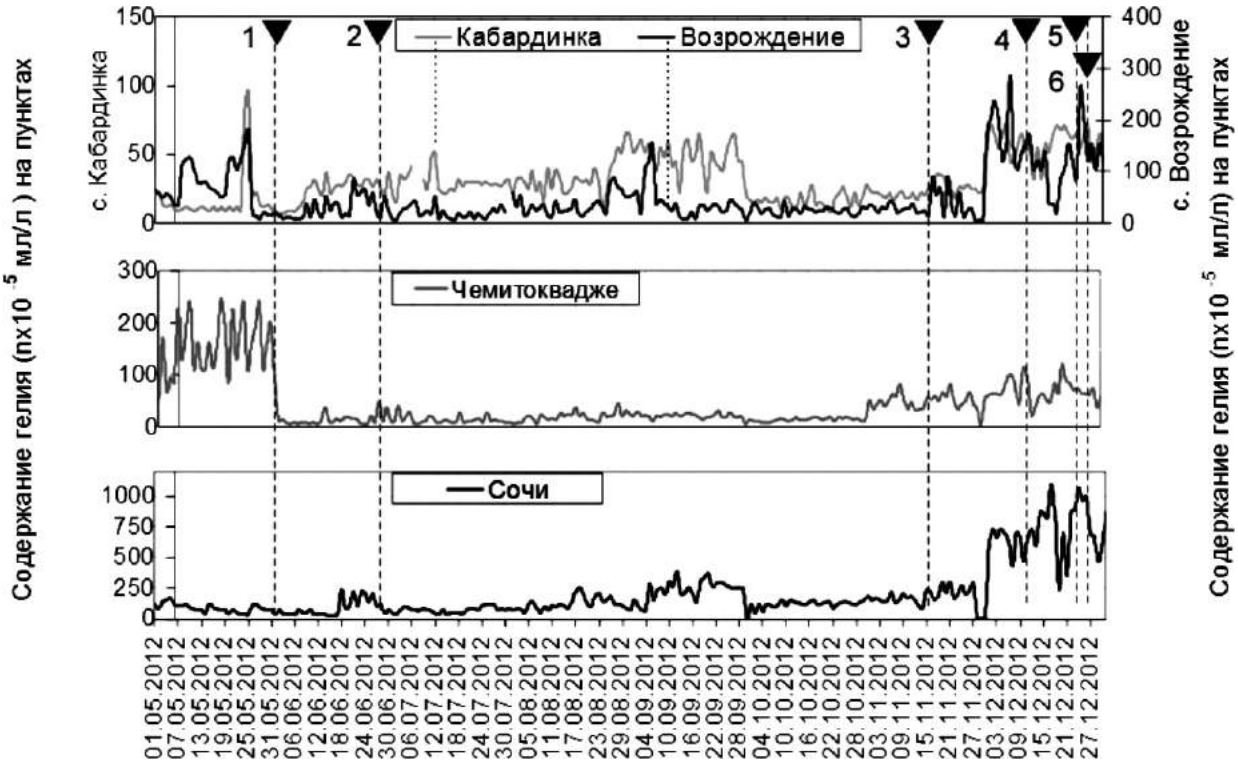


Рис. 4. Содержание гелия на пунктах Кабардинка, Возрождение, Чемитоквадже, Сочи в 2012 г. Треугольниками отмечены времена сейсмических событий и их номера в таблице 1

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания Южного научного центра РАН, № госрегистрации проекта 01201354241, контракт № 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. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1991. 96 с.

2. Машимов М.М. Обратная геодинамическая задача и прогноз землетрясений: новые подходы // Геодезия и картография. 1995. (2): 15–24.

3. Бабешко В.А., Калинчук В.В., Шестопалов В.Л., Шереметьев В.М. Технологии геодинамического мониторинга района транспортного перехода через Керченский пролив // Наука Юга России. 2016. Т. 12. № 1. Р. 22–31.

4. Липеровский В.А., Похотелов О.А., Шалимов С.Л. Ионосферные предвестники землетрясений. М.: Наука, 1992. 304 с.

ШТОРМОВАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ФАКТОР ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Н.А. Яицкая
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
Сочинский научно-исследовательский центр РАН, г. Сочи
yaitskayan@gmail.com

Испарение является основной расходной частью водного баланса Каспийского моря. Поэтому к определению его величины исторически сложился особый интерес. Существующие карты испарения [Панин, 1987; Панин, 2005] свидетельствуют о значительной пространственно-временной изменчивости этой величины. В лаборатории взаимодействия вод суши с атмосферой Института водных проблем РАН под руководством д.г.н. Г.Н. Панина на основе экспериментальных данных в Каспийском море о влиянии глубины водоема на интенсивность взаимодействия моря и атмосферы была разработана модель энерго- и массообмена в прибрежной зоне и получены новые зависимости испарения с мелководных акваторий [Панин, 2005]. Показано, что количество испаряющейся с поверхности водоема влаги зависит в том числе и от глубины водоема и высоты волн в рассматриваемом регионе.

Оценка сезонной изменчивости испарения со всей акватории Каспийского моря с учетом влияния ветрового волнения и рельефа дна на основе ретроспективного массива данных о волнении впервые сделана в работе [Гиппиус и др., 2016]. На основе расчетов авторы утверждают, что влияние мелководий и волнения выражено наиболее явно в Северном Каспии, а прирост испарения с учетом глубины моря и волнения здесь колеблется от 10–15 Вт/м^2 в мае до 20–40 Вт/м^2 в августе. В районе Апшеронского полуострова интенсификация испарения отмечается в периоды наибольшей штормовой активности – в ноябре и феврале.

Абсолютная величина прироста испарения за счет интенсификации зависит в первую очередь от исходной величины испарения. В работе [Гиппиус и др., 2016] интенсификация испарения рассчитывалась исходя из значений реанализа NCEP/NCAR. Проведенные эксперименты показали, что такой подход может быть применен для штормовых условий и исследования многолетней динамики интенсификации испарения, но рассчитанное по реанализу само по себе требует проверки и корректировки, поскольку в реанализе испарение задается в неявном виде и требуется пересчет из скрытой теплоты испарения с использованием приземной температуры воздуха [Su et al., 2015]. Поэтому стоит вопрос о том, какое испарение (рассчитанное с помощью какого метода или из какого источника) считать наиболее достоверным и, соответственно, исходным. Было принято решение рассматривать коэффициент интенсификации испарения, его изменение для разных сезонов, ветроволновых условий и положений уровня.

Исходными данными о штормовом волнении стали результаты ретроспективного анализа параметра, полученные с помощью спектральной волновой модели SWAN [Яицкая, 2017]. В качестве ветрового форсинга задавался реанализ NCEP/NCAR на высоте 10 м над уровнем моря [Kalnay et al., 1996], предварительно прошедший процедуру атмосферной коррекции [Лопатухин, Яицкая, 2018; 2019]. Для среднего уровня моря минус 27 м разработана высокоточная цифровая модель рельефа дна Каспийского моря с пространственным разрешением 100×100 м [Яицкая, 2016]. На основе полученной цифровой модели построена регулярная расчетная сетка для моря в целом. Адаптация и валидация модели к условиям Каспийского моря выполнялась в соответствии подходом, представленным в работе [Яицкая, 2017]. Отдельный контроль качества расчетных значений выполнялся для штормовых ситуаций со скоростью ветра более 15 м/с.

Расчеты выполнялись непрерывно для холодной половины каждого года (с ноября по март включительно) с использованием ряда процессов и коэффициентов [Яицкая, 2017; Hasselmann et al., 1973; Komen et al., 1984]. Временная дискретность расчетов составила 30 мин. На каждом временном шаге в каждой ячейке сетки рассчитывался обширный набор параметров, из которых в настоящей работе использована значительная высота волн.

Расчет интенсификации испарения за счет мелководий и волн выполнялся для полученных полей ветрового волнения по формуле [Панин и др., 2006]:

$$E^{SW} = E + E \cdot k_H^{SW} \cdot \frac{h}{H} \approx E \cdot K_E^{SW}, \quad K_E^{SW} = (1 + 2h/H),$$

где E^{SW} – испарение с учетом интенсификации в момент времени t; E – испарение без учета интенсификации в момент времени t; h – высота значительных волн по результатам математического моделирования в момент времени t; H – глубина водоема в точке (узел расчетной сетки при расчетах волнения с помощью модели SWAN); $k_H^{SW} \approx 2$ – эмпирический коэффициент.

Ввиду падения уровня моря в середине прошлого столетия наибольший интерес вызывают оценки интенсификации испарения за счет уменьшения средних глубин на мелководьях и увеличения максимальных высот волн. По данным наблюдений на водомерных постах (http://portal.esimo.ru/), внутривековая амплитуда колебаний уровня в Северном Каспии достигает 2,7 м (о. Пешной), а межгодовая – до 0,5 м (о. Тюлений). За тринадцать лет (с 1965 по 1977 г.) средняя глубина Северного Каспия уменьшилась на 0,5–1,0 м для разных районов, а максимальная высота волн увеличилась на 10–30 см (максимум 45 см) относительно среднемноголетних значений, следовательно, K_E^{SW} также должен возрастать в этот период. Эксперименты показали, что даже для небольших по силе штормов в Северном Каспии (до 2,0 м) интенсификация испарения достигает 50–60 % с уменьшением глубины на 0,3–0,5 м.

Чтобы достоверно оценить межгодовые изменения K_E^{SW} с учетом вариаций уровня Каспийского моря, на основе данных водомерных постов для разных районов Каспийского моря введены соответствующие поправки для относительных глубин. Расчет K_E^{SW} выполнялся для среднемесячных и максимальных высот значительных волн (рис. 1).

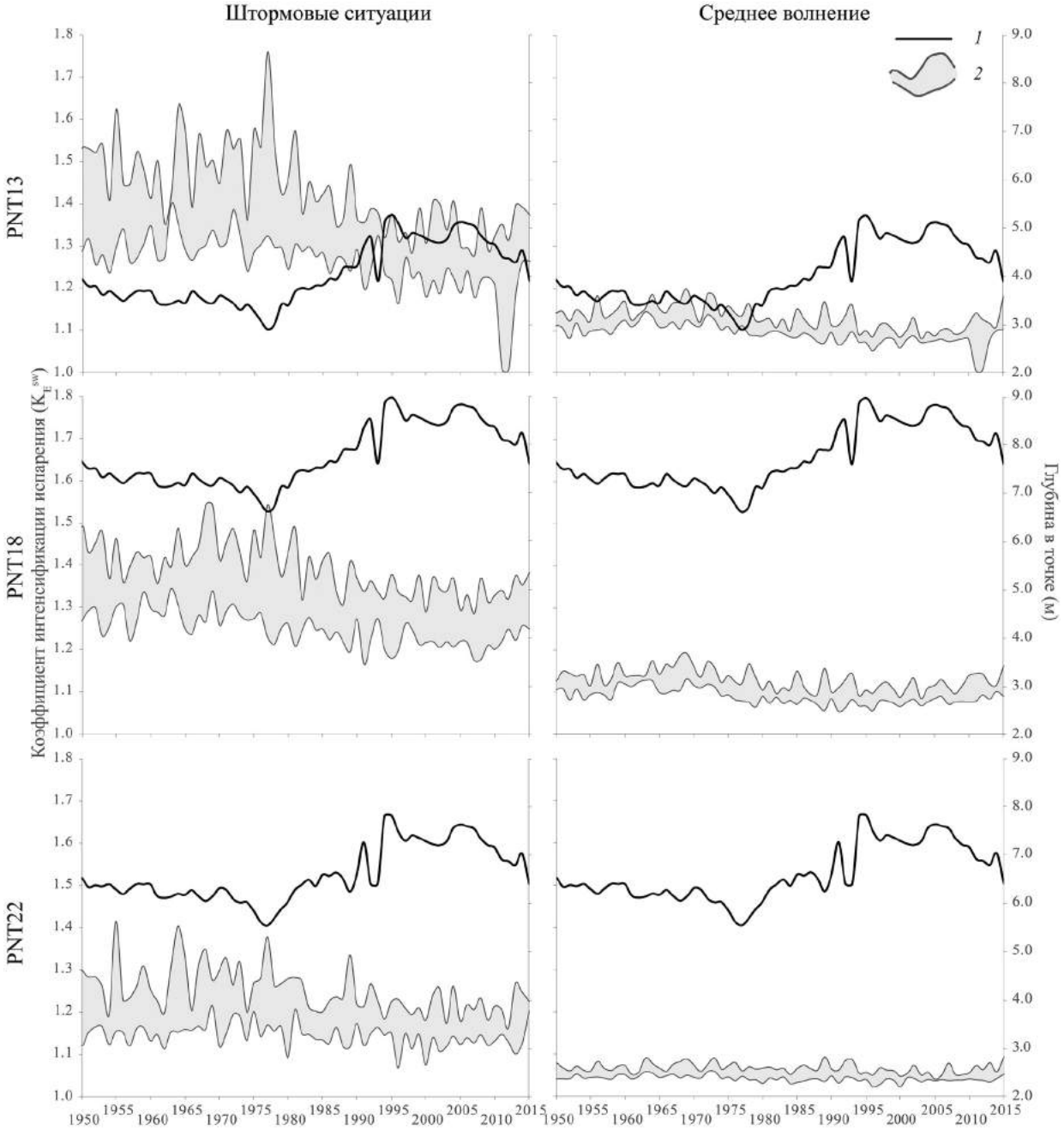


Рис. 1. Межгодовые изменения коэффициента интенсификации испарения (K_E^{SW}) в Северном Каспии с учетом колебаний уровня Каспийского моря для штормовых ситуаций и среднего по силе волнения. 1 – межгодовая динамика относительной глубины в точках (м); 2 – внутригодовой размах значений K_E^{SW} по годам

Переход от среднемноголетних значений глубин и высот волн к фактическим данным при корректировке испарения и расчете коэффициента интенсификации позволяет утверждать, что учет штормовых ситуаций может привести к увеличению значений испарения. Межгодовые изменения коэффициента интенсификации испарения существенны. Совпадение фаз падения уровня моря (и, соответственно, уменьшения относительных глубин) и увеличения максимальных высот волн в Северном Каспии с 1965 г. привело к существенному росту K_E^{SW} почти в два раза даже для среднемесячных высот волн.

Больший вклад в величину K_E^{SW} вносит высота волн. Как показано на примере на рисунке 1, точка в центральной части Северного Каспия имеет глубину в среднем 7,6 м, но вследствие роста высот волн в этом районе K_E^{SW} достигает 1,6 по сравнению с более мелководной восточной частью Северного Каспия, где K_E^{SW} не превышает 1,4. Поэтому при увеличении максимальных высот волн в Среднем Каспии на мелководьях возрастает K_E^{SW} даже при незначительном падении уровня моря.

В связи с тем, что показано и численно подтверждено существенное влияние на интенсификацию испарения максимальных высот волн (штормов), можно сделать предположение, что необходим пересмотр существующих представлений о вкладе испарения в межгодовую динамику уровня моря. На мелководьях абсолютные значения испарения после корректировки могут возрасти на 70 % и более. Особенно важно такие оценки выполнить для периода с 1965 по 1980 г., когда на фоне уменьшения площади зеркала моря и абсолютных глубин произошел рост максимальных высот волн. Этот вопрос требует дальнейших детальных исследований, при этом необходимо использовать высокоточные цифровые модели рельефа, соответствующие периодам падения уровня Каспийского моря.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, в рамках научного проекта №16-35-60046 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиппиус Ф.Н., Архипкин В.С., Фролов А.В. Сезонный ход испарения с поверхности Каспия с учетом влияния волнения и глубины моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2016. № 5. С. 86–92.

2. Лопатухин Л.И., Яицкая Н.А. Адаптация гидродинамических моделей для расчета режима волнения Каспийского моря // Метеорология и гидрология. 2018. № 4. С. 54–61.

3. Лопатухин Л.И., Яицкая Н.А. Волновой климат Каспийского моря. Входные данные по ветру для гидродинамического моделирования и некоторые результаты расчетов // Океанология. 2019. Т. 59. № 1. С. 12–21.

4. Панин Г.Н. Испарение и теплообмен Каспийского моря. М.: Наука, 1987. 89 с.

5. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря / Институт водных проблем РАН. М.: Наука, 2005. 356 с.

6. Панин Г.Н., Насонов А.Е., Фокен Т. Испарение и теплообмен водоема с атмосферой при наличии мелководий // Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 3. С. 367–383.

7. Яицкая Н.А. Цифровая модель рельефа дна Каспийского моря // В сб.: Экология. Экономика. Информатика. Сб. ст. в 2 т / Институт аридных зон; Южный научный центр РАН; Южный федеральный университет. Ростов н/Д, 2016. С. 187–196.

8. Яицкая Н.А. Ретроспективный анализ ветрового волнения в Каспийском море во второй половине XX – начале XXI в. и связь с региональными проявлениями изменения климата // Географический вестник. 2017. 41 (2). С. 57–70.

9. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. 77. P. 437–470.

10. Komen G.J., Hasselmann K., Hasselmann K. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum // Journal of physical oceanography. 1984. 14 (8). P. 1271–1285.

11. Hasselmann K., Barnett T.P., Bouws E., Carlson H., Cartwright D.E., Enke K., Ewing J.A., Gienapp H., Hasselmann D.E., Kruseman P., Meerburg A., Müller P., Olbers D.J., Richter K., Sell W., Walden H. Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). Hamburg: Deutsches Hydrographisches Institut, 1973. 95 p.

12. Su T., Feng T., and Feng G. Evaporation variability under climate warming in five reanalyses and its association with pan evaporation over China // J. Geophys. Res. Atmos. 2015. 120. P. 8080–8098. doi:10.1002/2014JD023040

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕГО ДОНА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ И СГОННО-НАГОННЫХ ЯВЛЕНИЙ

А.Л. Бубер, Е.Э. Головинов, А.А. Бубер, А.А. Талызов
Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, г. Москва
evgeny@golovinov.info

Целью исследований является разработка долгосрочного прогноза изменения водных ресурсов для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса бассейна реки Дон в маловодные периоды.

Для достижения указанной цели разрабатывается гидродинамическая модель (ГДМ) участка р. Дон ниже Цимлянского гидроузла, предназначенная для определения расчетных уровней воды с учетом влияния низконапорных гидроузлов и сгонно-нагонных явлений.

Для создания геоинформационной системы (ГИС) р. Дон на первом этапе выполнены следующие работы: сбор необходимой картографической информации для создания исходной картографической основы; определение общего контура исследуемой площади; оцифровка растровых картографических материалов; создание цифровой модели рельефа по данным из открытых источников (SRTM – Shuttle radar topographic mission).

Обобщение исходных данных было осуществлено в программном комплексе «Профессиональная ГИС "Карта 2011"». Это универсальная геоинформационная система, имеющая средства создания и редактирования электронных карт, выполнения различных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения 3D-моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в электронном и печатном виде, а также инструментальные средства для работы с базами данных.

Программное обеспечение поддерживает несколько десятков различных проекций карт и систем координат, включая системы 42 года, ПЗ-90, WGS-84 и другие. Возможен экспорт и импорт в формат MapInfo, AutoCAD, ArcGIS и другие популярные форматы хранения данных [Бубер и др., 2019].

В Геоинформационной системе (ГИС) р. Дон использованы следующие картографические материалы:

- топографические карты и планы;
- лоцманские карты;
- данные о рельефе – SRTM;
- карты административно-территориального устройства;
- кадастровые карты и планы;
- спутниковые снимки из открытых источников;
- ландшафтные карты;
- карты природного районирования и схемы природных контуров;
- карты использования земель и др.

За основу ГИС были приняты данные OpenStreetMap (OSM) некоммерческий веб-картографический проект (рис. 1).

В качестве основы ГИС проекта исследуемого участка р. Дон использовались топографические карты масштаба 1:100 000, привязанные в проекции Гаусса – Крюгера. На участках, где возникала такая необходимость, использовались карты более крупного масштаба.

В качестве источника информации о рельефе русловой части исследуемого участка р. Дон использовались сведения об отметках глубин, приведенные в публикации [Атлас единой глубоководной системы … 1987]. На рисунке 2 показано расположение листов атласа на протяжении исследуемого участка р. Дон [Головинов и др., 2005; Головинов, Щербаков, 2005].

Основное русло р. Дон в атласе описано достаточно подробно: присутствуют изобаты с отметкой глубины 3,4–4,0 м, ограничивающие судовой ход, достаточно частые точечные отметки глубин (рис. 3).

Первым этапом обработки данных листов атласа является их географическая привязка – определение положения контура русла реки, приведенного на листах атласа в системе географических координат ГИС-проекта. Данная задача не имеет однозначного решения, поскольку на листах атласа отсутствует координатная сетка и какие-либо иные символы географической привязки.

В качестве решения данной проблемы был выбран метод сопоставления контура реки на листах атласа и листах топографических карт, уже имеющих привязку в координатах ГИС-проекта [Щербаков, Головинов, 2007]. Листы атласа были привязаны к соответствующим листам топографических карт путем аффинных преобразований (масштабирование и поворот). Изображение привязанного листа атласа приведено на рисунке 4.

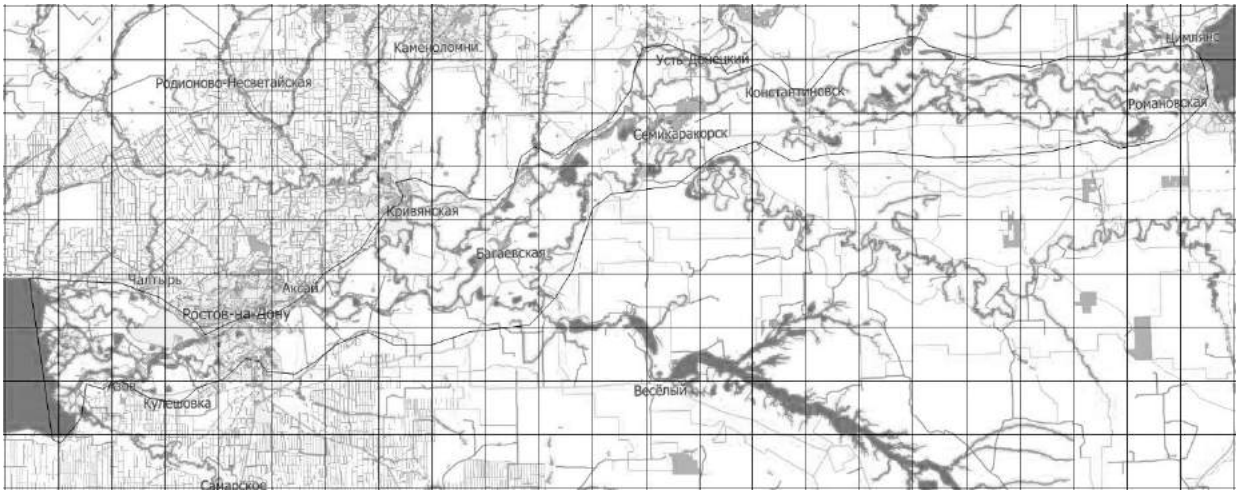


Рис. 1. Обзорная карта OSM с нанесенной границей потенциально затапливаемой территории (шаг сетки 10 км)

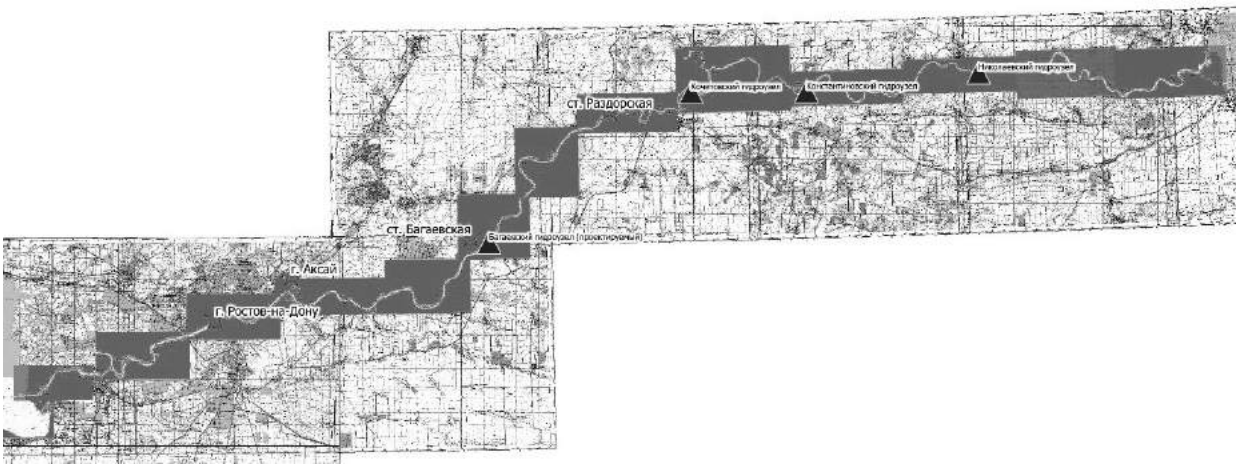


Рис. 2. Расположение листов атласа Волго-Донского водного пути на исследуемом участке р. Дон от Цимлянского водохранилища до Азовского моря

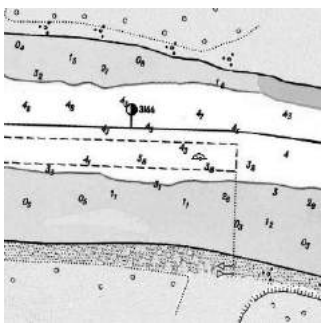


Рис. 3. Фрагмент листа № 34 Атласа единой глубоководной системы [1987]

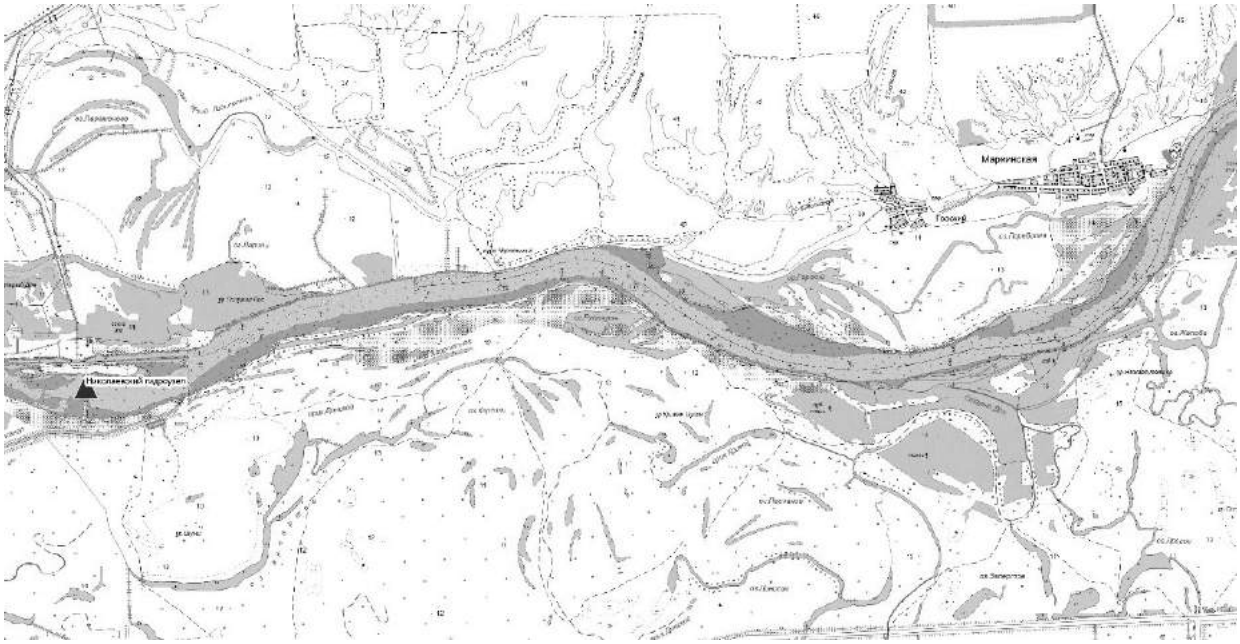


Рис. 4. Фрагмент листа Атласа [1987], привязанного к листу топографической карты (район Николаевского г/у)

Данные с листов атласа были переведены в векторную форму (рис. 5), значения глубин были преобразованы в значения отметок высот в балтийской системе, исходя из известного уровня уреза воды (рис. 6). После была построена цифровая модель рельефа русловой части.

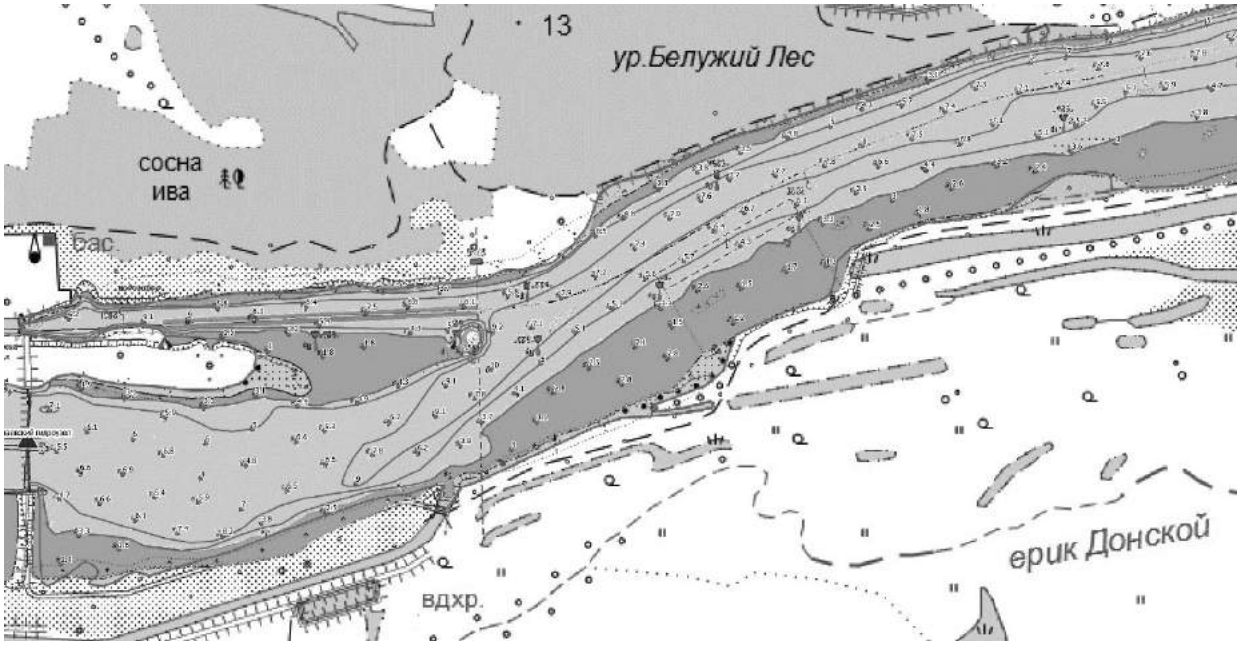


Рис. 5. Изобаты и точки с отметками глубин в векторной форме

Для создания цифровой модели рельефа (ЦМР) использовались данные о рельефе, полученные из отрытых источников, а именно результаты съемки Земли SRTM. В феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных, в результате обработки которых получена матрица высот, захватывающая территорию суши от 60° с.ш. до 54° ю.ш. и некоторые участки моря. Данная матрица носит название Shuttle radar topographic mission (SRTM). Общедоступными являются данные этой матрицы с размером ячейки 3×3 угловых секунды. Их заявленная точность не ниже 16 м, этого достаточно для основы при построении цифровой модели рельефа исследуемого участка. В исходном формате матрицы рельефа SRTM имеют референц-эллипсоид

данных – WGS84. В разработанной ГИС применяется система координат СК-95, основанная на референц-эллипсоиде Красовского.

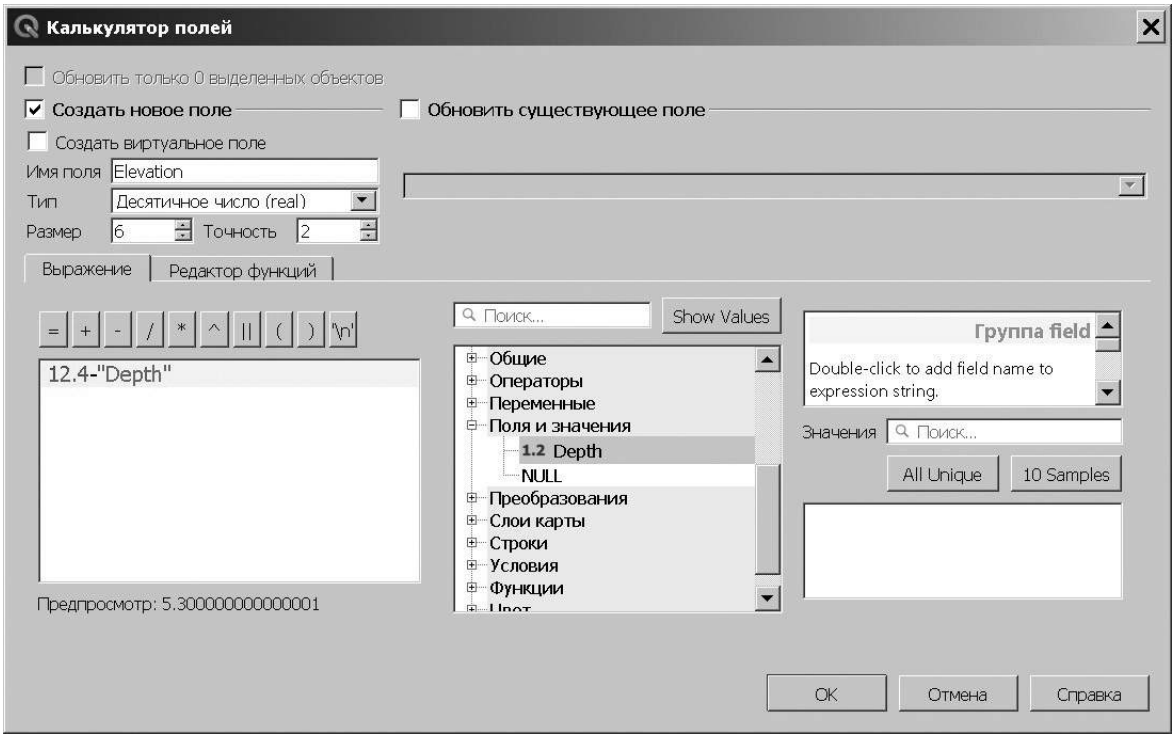


Рис. 6. Преобразование значений глубин в отметки в Балтийской системе высот

Трансформация матриц рельефа проводилась в программном комплексе «ГИС Карта-2011» с помощью задачи преобразования проекции матриц высот. Задача преобразования проекции матрицы позволяет изменить вид проекции, параметры проекции, эллипсоид и датум. Одновременно был изменен плановый размер ячейки матрицы высот до 10×10 м.

В пойме р. Дон существуют дамбы обвалования, защищающие значительные территории от затопления.

Заказчиком были предоставлены данные по ограждающим дамбам (рис. 7). По каждой дамбе было известно ее местоположение и абсолютная отметка гребня.

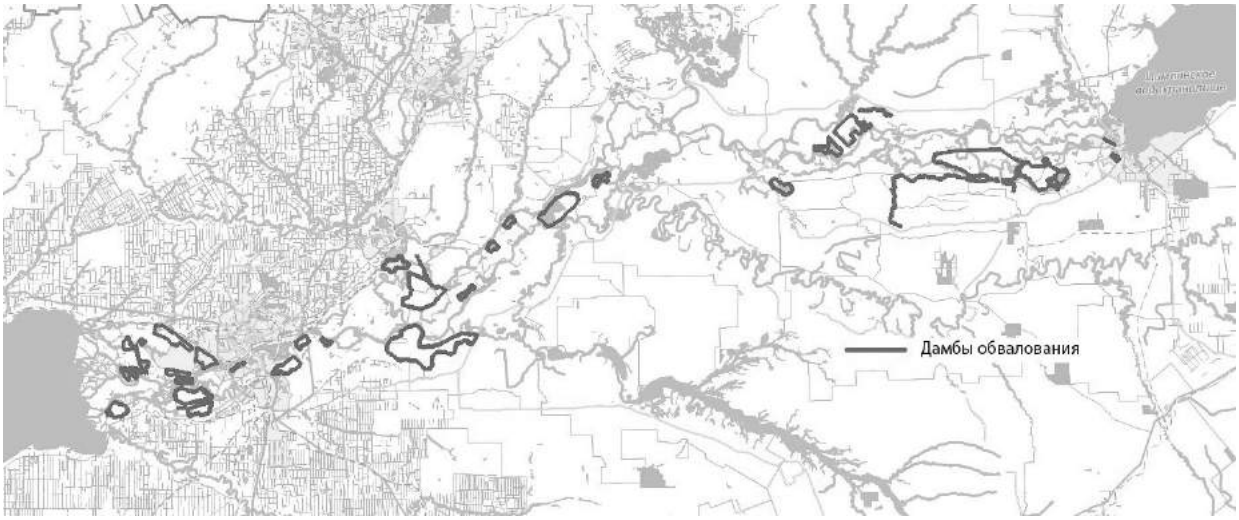


Рис. 7. Ограждающие дамбы в пойме р. Дон

Для добавления ограждающих дамб в ЦМР были построены 4 линии для каждой дамбы: 1-я линия описывает примыкание верхового откоса к дневной поверхности земли; 2-я линия описывает границу гребня со стороны верхового откоса; 3-я линия описывает границу гребня со стороны низового откоса; 4-я линия описывает

примыкание низового откоса к дневной поверхности земли. Ширина по гребню принималась 10 м с целью уменьшения размера общей матрицы рельефа.

Цифровая модель каждой дамбы была совмещена с исходной ИЦМР, полученной по спутниковым снимкам (рис. 8).

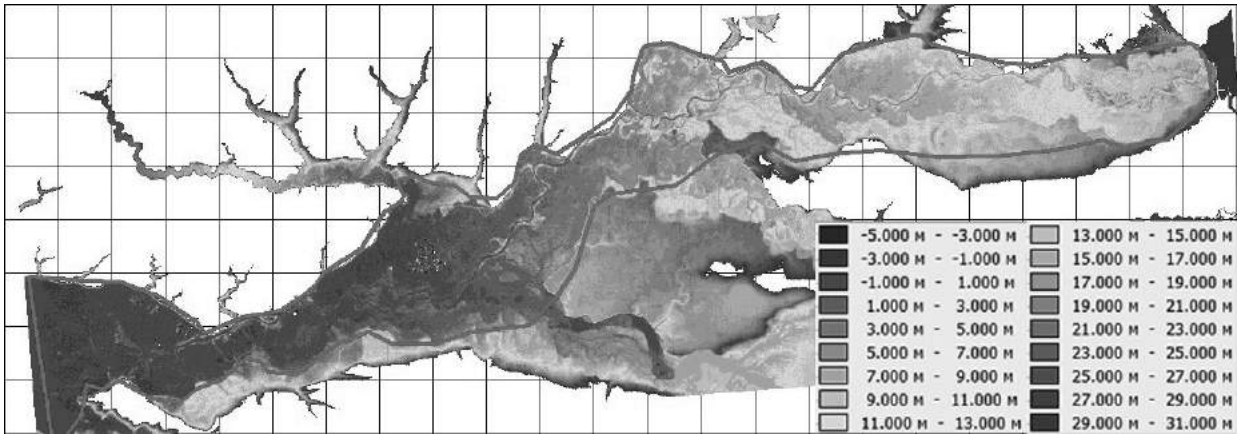


Рис. 8. Обзорная матрица высот по данным модифицированной матрицы SRTM с нанесенной границей потенциально затапливаемой территории (шаг сетки 10 км)

В результате выполнения первого этапа решены следующие задачи:

1. Проведен сбор и обработка отобранного картографического материала, описывающего рельеф долины, поймы и русла реки Дон на исследуемом участке ниже Цимлянского гидроузла, для целей построения цифровой модели рельефа (ЦМР).

2. Выполнено построение цифровой модели рельефа в виде ГИС-проекта для использования при разработке ГДМ, а также для отображения результатов моделирования (затопления территорий).

Работа выполнялась в соответствии с договором от 19 декабря 2018 г. № 78/1-НИР/ФЦП-2018 в рамках темы «Долгосрочный прогноз изменения водных ресурсов для целей обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса бассейна реки Дон», этап 1 (промежуточный) – «Провести анализ современного состояния водохозяйственного комплекса бассейна реки Дон и выполнить оценку обеспеченности водными ресурсами населения и объектов экономики бассейна на современном уровне развития водохозяйственного комплекса». Заказчик – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР. Т. 8. Ч. II. Река Дон от Волгодонска до устья. М.: Минречфлот РСФСР, 1987. 59 л.

2. Бубер А.А., Талызов А.А., Головинов Е.Э., Федотова Е.В. Компьютерная модель ангарского каскада гидроузлов // В сб.: Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны РФ: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. М., 2019. С. 532–537.

3. Головинов Е.Э., Щербаков А.О., Талызов А.А. Расчет гидрологических и морфометрических характеристик верхневолжских водохранилищ // Великие реки – 2005: тез. докл. Междунар. конгресса «Великие реки – 2005» / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Н. Новгород, 2005. С. 369–370.

4. Головинов Е.Э., Щербаков А.О. Расчет морфометрических характеристик водохранилищ по цифровой модели рельефа // В сб.: Наукоемкие технологии в мелиорации: мат-лы Междунар. конф. (Костяковские чтения). М., 2005. С. 357–362.

5. Щербаков А.О., Головинов Е.Э. Совершенствование регулирования стока водохранилищ на основе внедрения современных методов управления с использованием информационных технологий // В сб.: Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: мат-лы юбил. Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). М., 2007. С. 343–349.

СЕКЦИЯ 2

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ, ПРИВОДЯЩИХ К СБОЮ РАДИОСВЯЗИ, ОШИБКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЗАЩИТА МОРСКИХ БЕРЕГОВ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

В.В. Афанасьев
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
vvasand@mail.ru

Традиционный уклад жизни аборигенных народов побережья Арктики и Субарктики, наряду с максимальным приближением к объектам промысла, учитывал и особенности строения побережья, используя для поселения и хозяйственной деятельности песчано-галечные аккумулятивные бары и косы. Очевидно, что постоянные поселки возникали в первую очередь на местах поселений вымерших или эмигрировавших общин, сезонных охотничьих лагерей, которые на протяжении жизни нескольких поколений не испытывали разрушающего воздействия моря. В период промышленного освоения этих территорий среди критериев выбора места для расположения промышленного объекта или поселка опыт местного населения играл существенную роль. Однако следует также отметить, что начало интенсивного промышленного освоения побережья холодных морей происходило на фоне затухания интенсивности береговых морфолитодинамических процессов, в условиях однозначно установившейся тенденции развития аккумулятивных форм побережья.

В настоящее время мы не можем утверждать, что катастрофические подъемы уровня и размыв береговых аккумулятивных форм арктических и субарктических морей в результате серии штормов исключительной силы, аналогичных наблюдаемым в конце XIX и начале XX в. на южном побережье п-ова Сьюард [Mason и др., 1996], обходили эти поселения стороной. Тем не менее свидетельств тому, что они являлись катастрофическими в рамках традиционной системы жизнеобеспечения, у нас нет. И напротив, в условиях промышленного освоения побережья усиление размыва берегов Берингова и Охотского морей, начавшееся в 1930–1940-х гг., стало серьезным вызовом безопасности населенных пунктов побережья и инфраструктуры [Mason et al., 2012].

Как отмечается в отчете по оценке климата на Аляске, изменения климата происходят гораздо быстрее, чем прогнозировалось ранее [Markon, 2012]. В условиях Арктики перестройка гидрометеорологического режима и повышение температуры воздуха в последние десятилетия, изменяющие параметры и продолжительность волнового воздействия на берега, привели также к увеличению длины разгона и соответственно параметров ветровых волн, что еще более увеличило энергетику береговой зоны и повысило риски для традиционного образа жизни населения [Polyak et al., 2010].

Проблемы защиты берегов Охотского моря и российского побережья Чукотского и Берингова морей. В настоящее время на сотнях километрах морского побережья Чукотского моря расположено всего несколько населенных пунктов. В районе западного входа в пролив Лонга, на баре лагуны Валькаркынмангкак расположен п. Биллингс с населением около 200 чел. Особенности морфолитодинамики береговой зоны, обусловленные малой шириной и глубиной прибрежной летней полыньи, на которой развивается ветровое волнение, а также характером атмосферной циркуляции в теплый период, таковы, что постройки располагаются практически на пляже и переносить их нет необходимости. В отличие от с. Биллингс, расположенного на типичном лагунном баре, п. Ванкарем находится на томболо, сформированном в волновой тени одноименного скалистого мыса на дистальном окончании западной лагунной косы. Поселки Инчоун, Уэллен, Нешкан, Мыс Шмидта расположены на прикорневых участках лагунных пересыпей также непосредственно у коренных участков суши, активно разрушаемых морозным выветриванием и абразией, которые являются мощным источником наносов, обеспечивающих устойчивость аккумулятивных образований.

На Беринговоморском побережье Чукотки все населенные пункты расположены в закрытых бухтах и на высоких террасах. Однако еще в начале века весь этот берег был плотно заселен, здесь насчитывалось несколько десятков аборигенных поселков и стойбищ, жители которых были впоследствии собраны в крупных селениях [Крупник, 1989]. Одной из основных причин переселения, наряду со сменой системы жизнеобеспечения, является деградация голоценовых береговых аккумулятивных образований, на которых располагались эти поселения [Каплин, Поротов, 2002]. Последним в этом ряду стал п. Беринговский, расположенный на пересыпи лагуны Лахтина. Борьба с размывом здесь началась буквально сразу после строительства в 1945 г. причального мола длиной 80 м [Афанасьев и др., 1998]. В 1952–1954 гг. для защиты берега от размыва в районе поселка с интервалом в 100 м было построено 11 деревянных бун. Льдом и штормовым волнением они были быстро разрушены. Эпопея с берегозащитой продолжалась почти 50 лет – до тех пор, пока жители не были переселены.

Проблема защиты берегов не обозначена в нормативно-правовых актах Камчатской области. Тем не менее она существует. В связи со сменой технологий обработки рыбы часть поселков, созданных при рыбных базах, была закрыта уже в 1960–1970-е гг. Затем последовала волна укрупнений населенных пунктов, затронувшая преимущественно национальные села. После землетрясения 2007 г. был расселен п. Корф, расположенный на одноименной косе. Таким образом, проблема берегозащиты потеряла свою остроту. Но в настоящее время жители сёл Ильпырское, Ивашка, Апука и Пахачи на северо-востоке Камчатки общей численностью 1260 чел. защищают свои дома подручными средствами, главным образом старыми баржами и рыболовными судами. Такие населенные пункты, как п. Оссора, п. Карага, с. Вывенка, с. Кострома, с. Тиличики, расположенные на закрытых от волнения низких аккумулятивных террасах и косах с устойчивым питанием наносами, проблем с размывом берегов в настоящее время не имеют.

Более известна проблема с размывом и защитой берегов на Западно-Камчатском побережье. И если небольшие поселки и рыбные базы здесь уже давно прекратили свое существование, то п. Октябрьский с населением в 1600 чел., расположенный на Октябрьской косе, до сих пор борется с морской стихией.

Похожая ситуация складывается и на материковом побережье Охотского моря. Размыв низких террас, баров и кос, на которых расположены десятки заброшенных поселков, никому, кроме ученых и краеведов, не интересен. Однако первый на Дальнем Востоке город, а ныне поселок Охотск с населением 3500 человек, расположенный на Тунгусской косе и береговых барах р. Охота, еще «сражается с морем» за выживание.

На южных берегах Охотского моря, также относимых нами к субарктическому типу, и на Сахалинском побережье Татарского пролива в настоящее время выполнено морфолитодинамическое обоснование и проектирование более 30 км берегозащитных сооружений, из которых около 15 км уже построено [Афанасьев, 2015]. Тем не менее и здесь приходят в упадок и поглощаются морем прибрежные города и поселки, разрушаются портовые сооружения. И даже имеющиеся проекты защиты г. Красногорск, г. Углегорск, п. Взморье не реализуются десятилетиями.

Проблемы защиты восточных берегов Чукотского и Берингова морей. В 2006 г. национальные поселки Shishmaref и Kivalina (общей численностью населения 997 чел.) были рекомендованы к переселению, а для поселков Kaktovik и Unalakleet (общей численностью населения на 2016 г. в 949 чел.) предполагалась берегозащита. В 2009 г. первоочередного решения требовали проблемы уже 10 береговых населенных пунктов. Общая протяженность берегозащиты на восточных берегах Чукотского моря в настоящее время составляет около 2,8 км волногасящих конструкций откосного типа и сэндбэгов, а также около 2,0 км каменной наброски. На восточных берегах Берингова моря построено чуть более 3 км берегозащиты. Берегозащитные конструкции на Аляске прошли эволюционный путь от деревянных волноотбойных стенок и бочек, заполненных песком, до габионных стенок, сэндбэгов, геотуб, бетонных матов и волногасящих откосных сооружений. Город Барроу пытались защищать искусственным пляжем из морских наносов, полученных при дноуглублении.

Как показывает обзор проблемы, берегозащита необходима в первую очередь населенным пунктам, расположенным на голоценовых песчано-галечных аккумулятивных образованиях (барьерных островах и косах). Только два защищаемых населенных пункта – Barrow и Wainwright – расположены на 5–15 м террасах побережья с высоким содержанием в отложениях берегового уступа подземного льда. Однако основное внимание уделяется именно изучению активности эрозии многолетнемерзлых отложений прибрежных равнин. И буквально только в последних работах при анализе динамики арктических побережий начали учитываться морфогенетические типы берегов. При этом выяснилось, что минимальные перемещения отмечены для кос и баров, а песчаные и гравийно-галечные барьерные острова на дельтовых побережьях стабильны либо нарастают [Grigoriev et al., 2001; Jorgenson, Brown, 2005]. Штормовые переливы и эрозия, без сомнения, представляют опасность на берегах этого типа. Однако риски многократно увеличиваются при игнорировании естественных

механизмов и тенденций развития аккумулятивных образований. Именно по этой причине берегозащита в известном п. Шишмареф в период между 1983 и 2003 гг. привела к низовым размывам и скорости эрозии, вдвое превышающей уровень незащищаемых берегов. А вот недавно построенное волногасящее сооружение откосного типа из рваного камня протяженностью 800 м, которое обеспечило устойчивость аккумулятивного образования в системе сезонной морфолитодинамики, защитило поселок от эрозии даже при аномально сильных южных ветрах «Великой бури 2011 года» [Mason et al., 2012].

Изменения интенсивности размыва берегов в XX–XXI вв. отмечены на всех рассматриваемых морях. К примеру, на берегах Охотского моря выявлен цикл изменения штормовой активности с периодом 60 лет, а пролив лагуны Кивалина еще в начале 1990-х гг. смещался на юго-восток, увеличивая площадь аккумулятивной формы, на которой расположен поселок Кивалина. Обострение ситуации в последние десятилетия, скорее всего, не является чем-то из ряда вон выходящим.

Населенные пункты, наиболее страдающие в настоящее время от переформирования берегов (Shishmaref, Kivalina, Unalakleet), расположены непосредственно на дистальных окончаниях кос системы лагунного пролива. Берегозащитные решения должны иметь в своей основе анализ миграций пролива, возможностей изменений направления роста, формы и морфометрических параметров дистальных окончаний кос, модификации приливной призмы. Следует отметить, что на данных участках побережья достаточно наносов для любых инженерных решений в этом направлении. Кроме того, при решении проблемы защиты и планировании деятельности на побережье холодных морей следует обратить самое пристальное внимание на специфику эрозионного берегового процесса субарктического и арктического типа. Перспективы в этом направлении открывают выявленные нами деформации подводного рельефа под припайными льдами и увеличение крутизны верхней части берегового профиля при формировании наледи, а также установленный нами факт существенного ухудшения волногасящих свойств пляжевых отложений при их промерзании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.В., Мыглан М.Ю., Типер А.И. Развитие бухтового берега в условиях 50 лет техногенного воздействия (Чукотское побережье) // География исследований морских побережий. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1998. С. 35–43.

2. Афанасьев В.В. Геоморфологические аспекты проблемы защиты берегов острова Сахалин // Геоморфология. 2015. № 2 (182). С. 28–37.

3. Каплин П.А., Поротов А.В. Особенности развития пересыпей Восточной Чукотки в условиях повышения уровня моря // Геоморфология. 2002. № 1. С. 74–82.

4. Крупник И.И. Арктическая этноэкология: модели традиционного природопользования морских охотников и оленеводов Северной Евразии. М.: Наука, 1989. 272 с.

5. Grigoriev M.N., Are F.E., Hubberten H.-W., Razumov S.O., Rachold V. Shore dynamics on the northwest coast of the Lena Delta, Laptev Sea, Siberia // Proceedings of the International Conf. on Arctic Coastal Dynamics. Potsdam (Germany), 2001. P. 17.

6. Jorgenson M.T., Brown J. Classification of the Alaskan Beaufort Sea coast and estimation of carbon and sediment inputs from coastal erosion // Geo-Marine Letters. 2005. 25 (2–3). P. 69–80.

7. Markon C.J., Trainor S.F., Chapin III F.S. The United States national climate assessment – Alaska technical regional report U.S. Geological Survey. Reston: VA., 2012. № 1379. 148 p.

8. Mason O.K., Salmon D.K., Ludvig S.L. The peiodicity of storm surges in the Bering Sea from 1898 to 1993, based on newspapers accounts // Journal of Climatic Change. 1996. No. 34. P. 109–123.

9. Mason O.K., Jordan J.W., Lestak L., Manley W.F. Narratives of shoreline erosion and protection at Shishmaref, Alaska: The anecdotal and the analytical // Pitfalls of Shoreline Stabilization. Dordrecht: Springer, 2012. P. 73–92.

10. Polyak L., Alley R.B., Andrews J.T., Brigham-Grette J., Cronin T.M., Darby D.A., Jennings A.E. History of sea ice in the Arctic // Journal of Quaternary Science Reviews. 2010. No. 29 (15–16). P. 1757–1778.

РИСКИ СБОЕВ И ОШИБОК GPS/ГЛОНАСС НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В АРКТИКЕ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ АВРОРАЛЬНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

И.И. Шагимуратов[1], И.И. Ефишов[1], Н.Ю. Тепеницина[1], Г.А. Якимова[1], М.В. Филатов[2]
[1] Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Калининград
[2] Полярный геофизический институт, г. Апатиты
mijgun@yandex.ru, shagimuratov@mail.ru

Введение. Одним из основных факторов, влияющих на погрешность GPS/ГЛОНАСС-позиционирования, являются флуктуации фазы сигнала на трассе спутник – приемник. Флуктуации обусловлены присутствием в полярной ионосфере неоднородностей различных масштабов. При распространении радиосигналов через ионосферу за счет рефракции и дифракции на неоднородностях сигналы испытывают амплитудные и фазовые флуктуации [Aarons, 1977]. Фазовые флуктуации могут приводить к срывам, перескокам фазы и потерям слежения за фазой в цепях приемника, что может вызывать нарушения приема навигационных сигналов [Chernouss, Kalitenkov, 2011]. Флуктуационная активность существенно усиливается в периоды геомагнитных возмущений. В это время она необычайно высока, и вероятности сбоя приема сигналов и ошибки позиционирования в Арктике увеличиваются на порядок. Как следствие, это даже может приводить к невозможности определения местоположения. По интенсивности флуктуации сильнее всего проявляются во время авроральных возмущений, авроральном овале в ночное время [Shagimuratov et al., 2015]. Во время магнитных бурь овал сдвигается к экватору. Это может приводить к ошибкам позиционирования даже на средних широтах. В работе представлены результаты влияния аврорального возмущения на навигационные измерения в Арктике во время мошной бури 17 марта 2015 г.

Данные и метод. В анализе использовались стандартные двухчастотные GPS/ГЛОНАСС-наблюдения, проводимые на международной сети станций. Фазовые флуктуации ГЛОНАСС/GPS-сигналов проявляются как вариации полного электронного содержания ионосферы (TEC – Total Electron Content) на трассе спутник – приемник и определяются как скорость изменения TEC вдоль пролета спутника (ROT –_Rate of TEC). Стандартно ROT оценивается как изменение TEC на 1-минутном интервале (TECU/min, 1 TECU=10^{16} electron/m^2). В свою очередь интенсивность флуктуаций оценивается индексом ROTI [Pi et al., 1997].

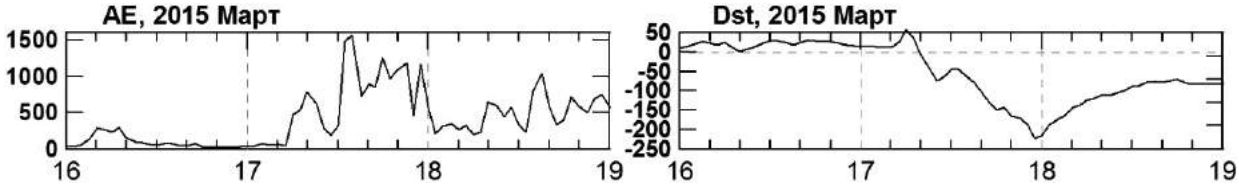


Рис. 1. Вариации геомагнитных индексов во время бури

Рисунок 1 демонстрирует развитие бури 16–18 марта 2015 г. Наибольшее возмущение регистрировалось 17 марта. При этом индекс Kp превышал 8, индекс Dst составлял 240 nT, авроральный индекс резко возрос после 09 UT и оставался повышенным до 23 UT.

Как показывает рисунок 2, TEC-флуктуации начали проявляться после 09 UT, когда наблюдалось усиление авроральной активности. Флуктуации наблюдались в различных секторах на авроральных и субавроралных широтах, вплоть до средних. Анализ показал, что заметные флуктуации регистрировались на станции Калининград (54,7° N) в районе 15–18 UT, это свидетельствует о том, что авроральный овал достигал средних широт. Наиболее интенсивные флуктуации регистрировались в американском и азиатском секторах. Это обусловлено тем, что авроральная активность приходилась на ночное местное время.

Флуктуации TEC и ошибки позиционирования. На точность позиционирования с использованием навигационных спутников сильно влияют флуктуации сигналов L1 и L2 при их прохождении через ионосферу (TEC-флуктуации) [Cherniak, Zakharenkova, 2015]. Как было показано выше, интенсивность флуктуаций существенно увеличивается во время авроральных возмущений. Флуктуации вызывают скачки фазы, потери и сбои сигналов, что в конечном итоге сказывается на точности позиционирования. Для оценки влияния фазовых флуктуаций на ошибки позиционирования был использован метод высокоточного позиционирования [Zumberge et al., 1997], получивший название Precise Point Positioning (PPP). Метод основан на стратегии обработки GNSS-наблюдений

одного приемника, который позволяет эффективно определять с высокой точностью координаты потребителя. При этом используются двухчастотные фазовые и кодовые измерения (RINEX files), а также точные спутниковые орбиты и поправки к часам. Погрешность кинематического позиционирования в общем ухудшается, когда видно малое количество спутников над станцией наблюдения, в условиях, когда наблюдаются флуктуации навигационных сигналов. Как показано в работе [Marques et al., 2018], в условиях интенсивных флуктуаций увеличение скачков фазы и потери сигналов может резко увеличить число всплесков ошибок позиционирования, которые могут превышать 8 метров в высотной компоненте. Высокую корреляцию между ошибками позиционирования и ROTI обнаружили Jacobsen и соавт., ошибки позиционирования увеличиваются экспоненциально с ростом ROTI [Jacobsen, Dähnn, 2014].

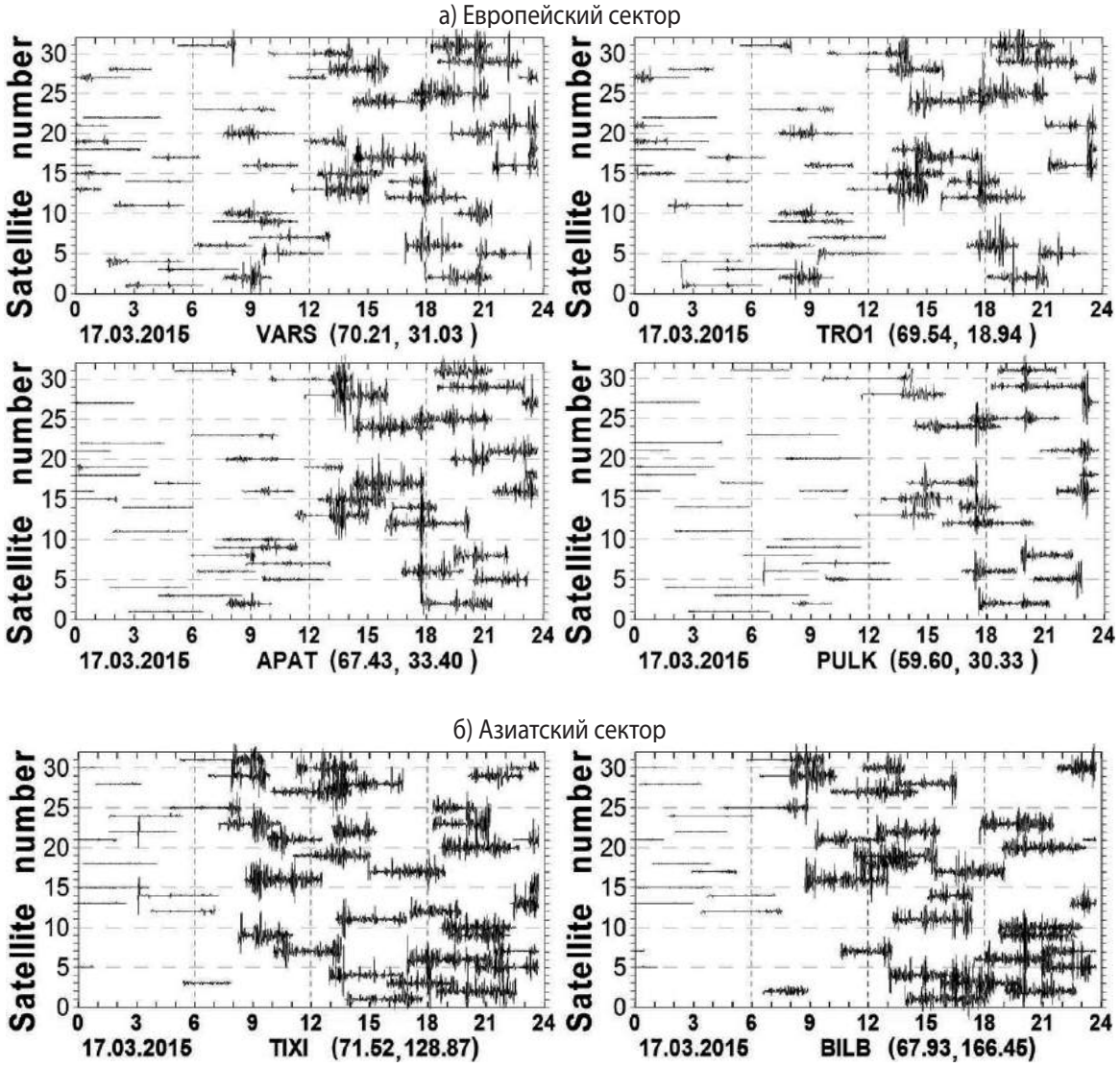


Рис. 2. Временное развитие TEC-флуктуаций (индекс ROT) для всех пролетов спутников над станцией наблюдения на 24-часовом интервале

Мы анализировали связь между интенсивностью TEC-флуктуаций и PPP-ошибками, используя GIPSY-программу NASA Jet Propulsion Laboratory (http://apps.gdgps.net). Детальное описание метода представлено в работе [Zumberge et al., 1997]. Для этих целей определялись 3D-ошибки (P_{3d}) как детрендированные координаты от средних значений (x_0, y_0, z_0) на каждую эпоху [Jacobsen, Dähnn, 2014]:

$$P_{3D}(i) = \sqrt{(x(i) - x_0)^2 + (y(i) - y_0)^2 + (z(i) - z_0)^2}.$$

Ошибки 3D определялись на 5-минутном интервале для всех обсуждаемых станций.

На рисунке 3 показаны вариации ROTI и 3D-ошибок для станций европейского и азиатского регионов. Точками показаны значения ROTI для видимых пролетов спутников над станцией наблюдения для каждого 10-минутного интервала. При расчете ROTI использовались спутниковые измерения с углами места выше

20 градусов. На рисунке видно явное подобие в вариациях ROTI и ошибок позиционирования на всех станциях. С ростом авроральной активности увеличивается интенсивность TEC-флуктуаций и, соответственно, ошибок позиционирования. Максимальные ошибки превышают 40 м для азиатского сектора. Ошибки превышают уровень фона на 1–2 порядка.

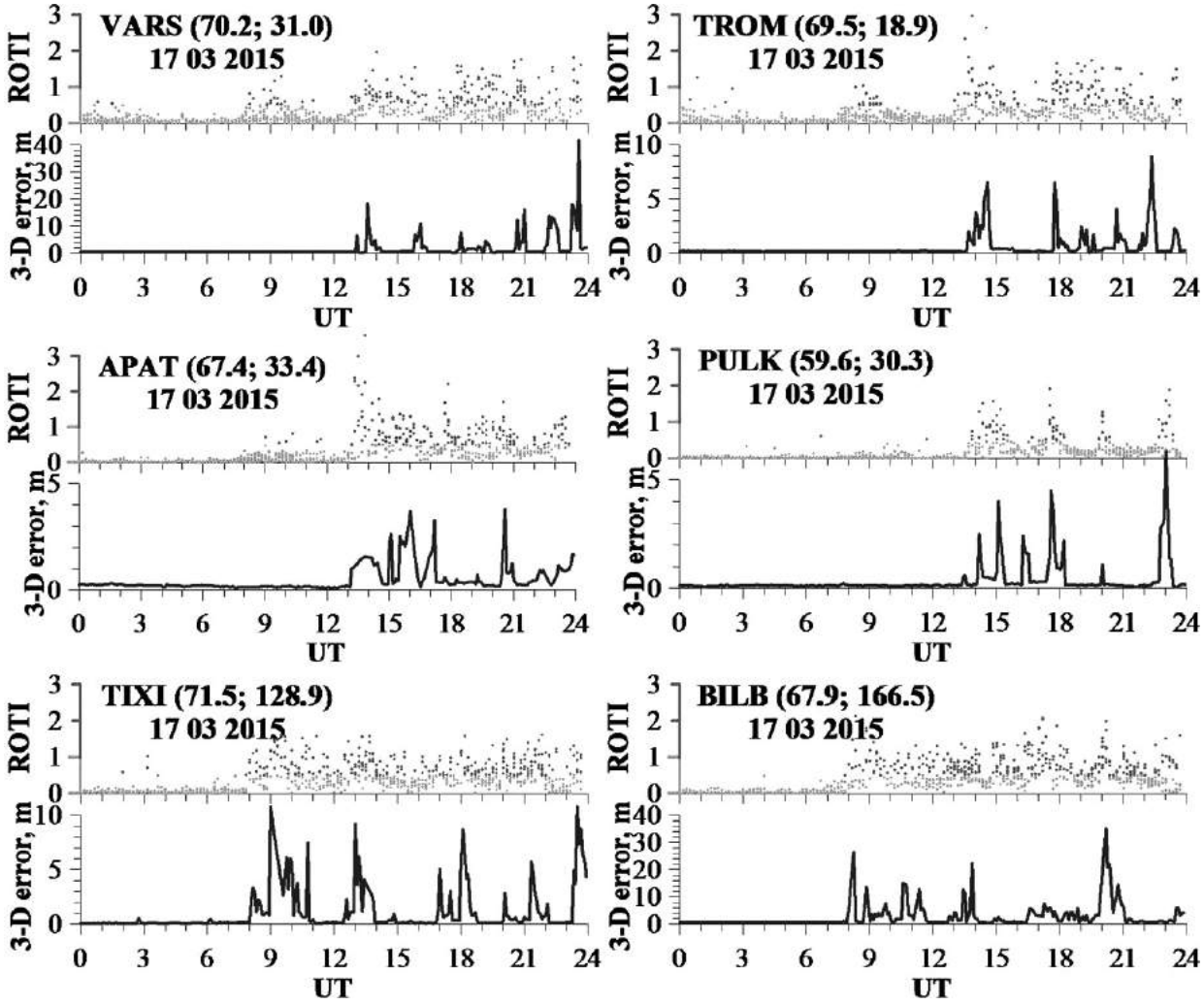


Рис. 3. Картина развития интенсивности TEC-флуктуаций (ROTI) и ошибок позиционирования во время аврорального возмущения 17 марта 2015 г.

Заключение. Во время авроральных возмущений усиливается флуктуационная активность и интенсивность фазовых флуктуаций навигационных сигналов при их прохождении через высокоширотную ионосферу. Это приводит к росту ошибок позиционирования в Арктическом регионе на 1–2 порядка по сравнению со спокойными условиями. Эффект проявляется в виде кратковременных всплесков ошибок на интервале 5–10 минут.

Последствия этих возмущений в ионосфере могут создать большие проблемы для аварийно-спасательных служб, навигационных устройств летательных аппаратов (особенно при взлете и посадке), наземных диспетчерских навигационных устройств контроля полетов, судовых навигационных приемников (особенно при лавировании в акватории портов и установке буровых платформ) и для других служб и потребителей, которые используют GPS.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-05-00570.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aarons J. Global positioning system phase fluctuations at auroral latitudes // J. Geophys. Res. (Space Phys.) 1977. 102 (A8). P. 17219–17231. DOI: 0.1029/97JA01118.

2. Cherniak Iu., and Zakharenkova I. Dependence of the high-latitude plasma irregularities on the auroral activity indices: a case study of 17 March 2015 geomagnetic storm // Earth, Planets and Space. 2015. 67:151. DOI 10.1186/s40623–015-0316-x.

3. Chernouss S.A., Kalitenkov N.V. The dependence of GPS positioning deviation on auroral activity // International Journal of Remote Sensing. 2011. Vol. 32. Is. 1. P. 3005–3017.

4. Jacobsen K.S., and Dähnn M. Statistics of ionospheric disturbances and theircorrelation with GNSS positioning errors at high latitudes // J. Sp. Weather Sp. Clim. 2014. A27. DOI: 10.1051/swsc/2014024.

5. Marques H., Marques A.-S., Aquino M. et al. Accuracy assessment of Precise Point Positioning with multiconstellation GNSS data under ionospheric scintillation effects // J. Space Weather Space Clim. 2018. 8. A15. DOI. org/10.1051/swsc/2017043, 2018.

6. Pi X., Mannucci A.J., Lindqwister U.J., and Ho C.M. Monitoring of global ionospheric irregularities using the worldwide GPS network // Geophys. Res. Lett. 1997. 24. 2283.

7. Shagimuratov I., Chernouss S., Cherniak Iu. et al. Phase fluctuations of GPS signals associated with aurora // Proceedings of the 9th European conference on antennas and propagation, Lisbon, 2015, 12–17 April 2015, paper № 1570053943n.

8. Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., and Webb F.H. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks // J. Geophys. Res. [Solid Earth]. 1997. 102 (B3). P. 5005–5017. DOI: 10.1029/96JB03860.

СЕКЦИЯ 3

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

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОЛЕНОСТИ НА ХАРАКТЕР ПРОМЫСЛА ПРОХОДНЫХ И ПОЛУПРОХОДНЫХ ВИДОВ РЫБ В ПЕРИОД С 2008 ПО 2018 г. В АЗОВО-ДОНСКОМ БАССЕЙНЕ

М.А. Барыкина, Ю.С. Ковальчук
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
mariabarykina98639@gmail.com

Проблема организации промысла водных биоресурсов с учетом изменяющихся условий обитания имеет большое практическое значение. Такие значимые для промысла популяции проходных и полупроходных видов рыб, как судак, лещ, тарань, рыбец и чехонь, сейчас находится в устойчиво депрессивном состоянии.

Соленость – это одна из важнейших гидрохимических составляющих любого водоема, продуктивность которого напрямую связана с ней. Она напрямую зависит от количественных показателей стока впадающих в него рек – Дона и Кубани. Анализ открытых данных по солености за период с 2007 по 2016 г. отражает постепенное увеличение солености всей акватории моря и превышение ею физиологической отметки условий нормального обитания основных промысловых (в т. ч. полупроходных) видов рыб бассейна – 12 ‰ (рис. 1).

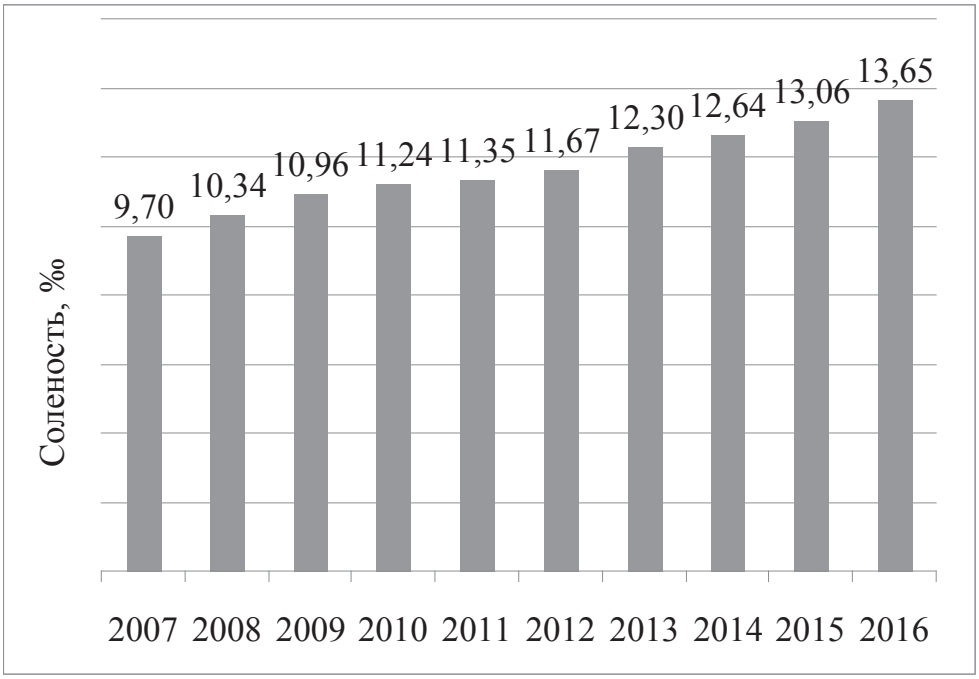


Рис. 1. Показатели солености в заданный период

Изменение солености привело к сокращению ареала их нагула в море и постепенному концентрированию в узкой прибрежной опресненной полосе, а также в восточной части Таганрогского залива и устье р. Дон.

Ранее при исследовании популяций указанных видов рыб активно использовались данные промысловой статистики, напрямую отражавшие их численность. Данные по их промысловым уловам за период с 2008 по 2018 г. представлены в таблице 1.

Таблица 1. Выловы (тонн) основных промысловых рыб Азово-Донского бассейна

Годы	Лещ	Судак	Тарань	Чехонь	Рыбец
2008	2,93	0,282	1,021	0,126	0,172
2009	1,44	0,18	2,09	0,28	1,75
2010	0,312	0,028	7,423	0,189	3,138
2011	1,49	0,139	7,077	0,225	0,310
2012	11,965	11,949	78,892	0	8,656
2013	7,235	11,371	132,204	0,050	4,587
2014	3,627	6,607	122,476	0	5,050
2015	3,735	21,536	203,101	0	10,326
2016	34,503	81,531	474,035	0	8,287
2017	22,15	0,00	487,77	0,00	2,02
2018	26,42	0,00	701,20	0,00	5,64

Как видно из представленных значений, идет увеличение показателей вылова, что может привести к необоснованному выводу об увеличении численности их популяций в этот период. Считаем, что увеличение вылова этих видов происходит на фоне сокращения их ареала нагула и увеличения плотности. При этом количество рыбодобывающих предприятий растет непропорционально увеличению вылова (табл. 2).

Таблица 2. Количество организаций, осуществляющих промысел в данном районе

Год	Количество организаций
2008	29
2009	19
2010	22
2011	28
2012	46
2013	56
2014	50
2015	46
2016	60
2017	67
2018	71

Ниже представлен прогнозный график зависимости вылова водных биоресурсов от солености моря (рис. 2). Величина вылова возрастает в геометрической прогрессии в зависимости от увеличения солености моря. Однако данная картина почти полностью повторяет характер промысла в период осолонения Азовского моря с конца 60-х – начала 70-х гг. XX столетия, когда после многолетнего увеличения показателей произошел катастрофический спад численности и вылова.

Кроме того, остаются невыясненными вопросы промысла в бассейне, его влияния на официальную промысловую статистику.

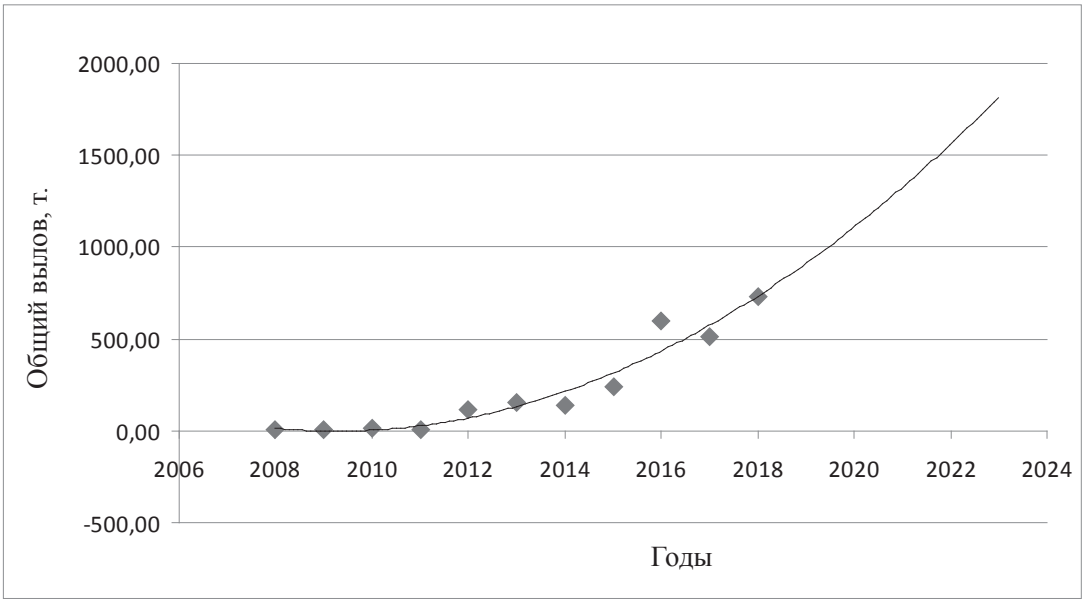


Рис. 2. Прогноз состояния выловов до 2024 г.

Обобщая все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что постепенное повышение солености в данный момент отражается на увеличении вылова, а также влечет рост организаций, осуществляющих промысел. Но за этим следует и уход некоторых видов рыб, не способных адаптироваться к изменяющимся условиям, в более опресненные участки Таганрогского залива или в устье р. Дон, где имеет место неограниченный вылов. Следовательно, и численность популяции этих рыб со временем будет стремительно близиться к нулю.

В настоящее время для того чтобы сохранить экосистемы Азовского моря, следует разработать меры охраны естественных нерестилищ, ограничить браконьерский лов, а также разрабатывать проекты предприятий по искусственному воспроизводству особо важных видов рыб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический вестник Дона (2008–2017 гг.).

БИОИНДИКАЦИЯ РАННИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

А.В. Гудимов[1], В.С. Свитина[2]

[1] Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск

[2] Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области, г. Мурманск

alexgud@mail.ru

Сдвиг климата Земли в сторону потепления в последние десятилетия стал заметен не сразу, процесс стал очевиден прежде всего благодаря продолжающемуся отступлению и исчезновению ледников. Например, в национальном парке «Глейшер» в штате Монтана, США, за столетие из 150 ледников осталось только 37. Считается, что к 2020–2030 гг. растают и они.

Влияние климата на экосистемы проявляется через воздействие факторов среды на всех уровнях организации живого, от одноклеточных организмов до сообществ, вдоль всей иерархии природных биосистем как в пространстве, так и во времени. Поэтому глобальные изменения климата затрагивают каждый сантиметр поверхности Земли, независимо от масштаба исследуемой системы. Другое дело, что они не заметны для наблюдателя, очевидны только последствия изменения погоды, но не климата.

Иными словами, климатические изменения экосистем, как и любые другие, происходят и заметны не только в глобальном масштабе, как может показаться, но и в любом другом. Главный вопрос заключается в том, как их обнаружить и как быть уверенным, что происходящие изменении популяций и сообществ вызваны именно климатом.

Вычленить глобально-климатическую составляющую в общем влиянии факторов среды непросто и обычно представляет трудную или подчас невыполнимую задачу. При традиционном подходе для этого нужны не только длинные временные ряды измерений долгопериодичных колебаний факторов среды и биологических параметров за несколько десятилетий, но и правильно выбранные показатели-индикаторы изменения экосистем.

Можно ли обнаружить начало глобальных изменений в более короткие сроки, на ранних стадиях? Возможно, ответ на вопрос может дать применение биоиндикации – важного инструмента получения своевременной информации об изменениях экосистем. Очевидно, при правильном выборе вида-биоиндикатора его реакция на колебания климата будет не только кумулятивной и интегральной для связанного с климатом комплекса действующих экологических факторов, но более выраженной и оперативной, поскольку этот вид более, чем другие организмы, зависим от колебаний климата (исходное допущение – гипотеза № 1). При таком подходе биоиндикация климата станет оперативной и будет иметь прогностическое значение.

Есть основания считать, что при определенных условиях изменения в распространении и обилии ряда широкораспространенных видов могут служить индикаторами устойчивых климатических изменений.

Проблема в том, что биоиндикация климатических изменений на ранних стадиях методически еще не разработана. Несмотря на значимость потепления в отношении морей Северного Ледовитого океана, возможности биоиндикации ранних климатических изменений арктических экосистем практически не исследованы, биологические индикаторы климата Арктики и Субарктики неизвестны.

Целью нашей работы был поиск биоиндикаторов ранних экологических изменений морской среды, в том числе вызванных изменениями климата. Ранее было установлено, что естественная динамика разнообразия и обилия видов в относительно стабильных (оптимальных) условиях типично морских биотопов замедленна [Гудимов, 2014], заторможена и сложна как для ее обнаружения, так и для выявления экологических зависимостей и влияния климата. В то же время в переходных зонах – экотонах, особенно в экстремальных условиях литоральных зон эстуариев арктического прибрежья, где градиенты и давление факторов среды наиболее значительны и усилены опреснением, реакция популяций должна быть более заметной (гипотеза № 2).

Среднегодовые изменения численности организмов в экоклине (в экотоне по одному доминирующему фактору) эстуария и других краевых местообитаниях были рассмотрены нами как потенциальный биоиндикатор ранних изменений среды (гипотеза № 3).

С 2003 по 2018 г. в куту Кольского залива были проведены ежегодные исследования изменения численности и распределения литоральных ракообразных – балянусов *Semibalanus balanoides* по 7 разрезам эстуарной зоны р. Тулома [Гудимов, Свитина, 2007; 2009]. Учитывая малочисленность балянусов в данном краевом биотопе, подсчет их численности в пробах производился на месте, без изъятия из популяции. Сохранение в целостности исследуемых поселений и отход от стандартных измерений с тотальным осреднением проб позволил многократно увеличить точность определения плотности скоплений животных и чувствительность метода.

В начале исследований было обнаружено, что численность и биомасса рачков значительно изменяются не только по горизонтам литорали, но и по разрезам в пределах одного горизонта, образуя ярко выраженный экоклин – градиентное (клинальное) увеличение плотности поселений от устья р. Тулома в сторону м. Еловый Кольского залива (рис. 1).

Последующие ежегодные съемки подтвердили сохранение особенностей распределения балянусов на эстуарной литорали при средней солености, близкой к критической [Свитина, Гудимов, 2017].

При этом было обнаружено, что, несмотря на благоприятное для рачков постепенное увеличение солености, среднегодовые значения плотности их поселений неуклонно уменьшались на протяжении последних 10–12 лет (рис. 2). Интересно, что морские популяции балянусов, находящиеся вне зоны эстуария при нормальной солености (27–32 ‰), за это время практически не изменились.

Эта парадоксальная ситуация потребовала специального исследования. Деградация краевой популяции балянусов вопреки росту солености могла быть вызвана или каким-то радикальным изменением условий среды, или растущим год от года хроническим загрязнением, но его выявлено не было, как не удалось обнаружить и других явных причин/факторов общего падения численности. Более того, вместе с ростом солености численность морских беспозвоночных на литорали постоянно увеличивалась год от года, в том числе чувствительных к загрязнению видов (гидроиды, мшанки).

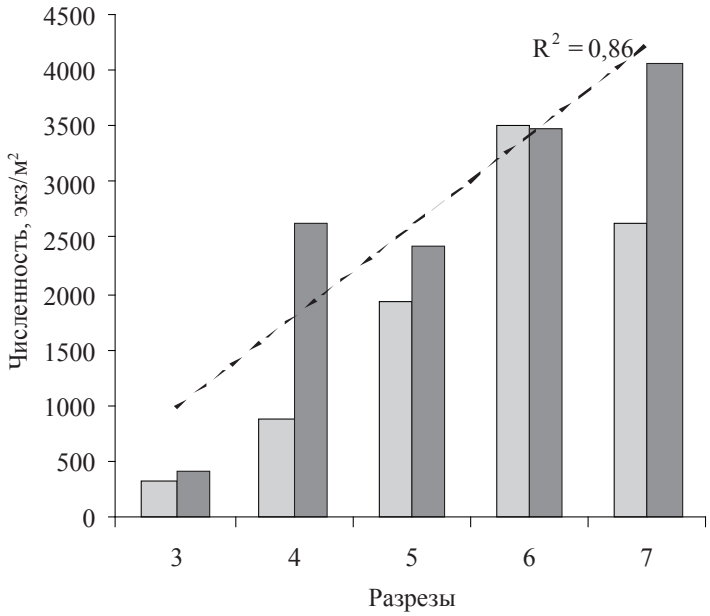


Рис. 1. Изменение численности усоногих раков *S. balanoides* в экоклине по градиенту солености от 2 (разрез 3) до 6 ‰ (разрез 7, м. Еловый) на поверхности в отлив, лето 2003–2004 гг., поселения среднего (светлые столбцы) и нижнего (темные) горизонтов эстуарной литорали р. Тулома

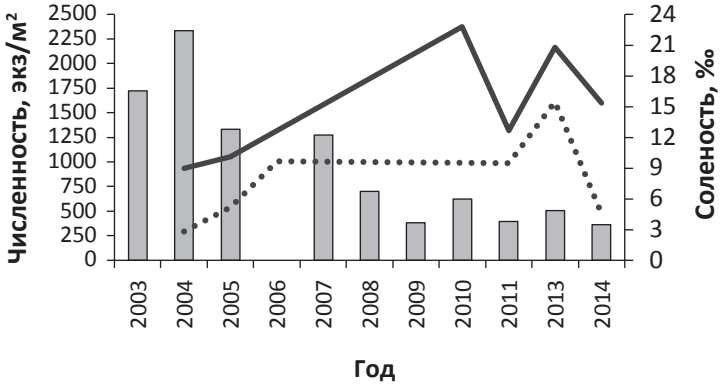


Рис. 2. Общая численность балянусов (столбцы) и средняя соленость воды в литоральных ручьях (сплошная линия) и зоне уреза воды в отлив (пунктирная линия) в 2003–2014 гг.

В процессе исследования было установлено, что в условиях эстуарной литорали и особенно в условиях критической солености рачки, находясь на грани выживания, реагируют на изменения факторов намного сильнее и быстрее, чем в морских популяциях. Анализ полученных результатов показал, что в условиях экоклина и экотона краевых биотопов зависимость организма от факторов внешней среды многократно возрастает [Гудимов, Свитина, 2009; 2017].

Итоговый анализ показал, что падение численности балянусов после 2005 г. было связано в основном с возрастанием объема и продолжительности весенне-летнего паводка на р. Тулома, а также отчасти летнего перегрева поселений балянусов на камнях литорали. Поскольку эти факторы напрямую зависят от климата, полученные результаты свидетельствуют о биоиндикации потепления климата через изменение численности балянусов в краевом биотопе эстуарной литорали (гипотезы доказаны).

Таким образом, мониторинг численности балянусов и/или других потенциальных биоиндикаторов в условиях критической солености эстуарного экоклина может применяться как инструмент исследования ранних экологических изменений в экосистеме, антропогенных или обусловленных климатом.

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.

О ПРОЯВЛЕНИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОД ЮЖНОГО ОКЕАНА

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

«Океанографы поздно приобщились к проблеме климата. Данные климатических наблюдений за сто лет и более доступны для многих городов, но неизвестны для океана. В последние 30 лет имел место столь большой прогресс в расширении наблюдений в океане, что теперь мы можем обратиться к климатическим проблемам, но краткость рядов наблюдений – постоянная помеха прогрессу» [Schmitt, 2018].

Существующие в настоящее время наблюдения с различных океанических платформ показывают, что теплосодержание верхнего слоя вод Мирового океана с 1970-х гг. постоянно растет. Некоторые области океана нагреваются быстрее других, а некоторые регионы даже охлаждаются. Потепление главным 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 (рис. 1*a*–*c*). Однако нагревание его водных масс неоднородно. В то время как верхние 1000 м Южного океана, в Антарктическом циркумполярном течении (АЦТ) и к северу от него, быстро нагреваются примерно на 0,1–0,2 °C за десятилетие, поверхностные воды субполярных морей к югу от этого региона не нагреваются или немного охлаждаются. Южный океан – основа для нашего понимания тренда в теплосодержании Мирового океана. 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 поднялось на 67 % – до 98 % за период 2006–2014 гг., с явственным пиком в полосе широт АЦТ и севернее его (30–50 °S) [Sallée, 2018] (рис. 1*d*).

АЦТ – главная особенность непрерывного широтного водного кольца, охватывающего Антарктиду. Оно 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. Наиболее значительные – Субтропический фронт (СТФ), Субантарктический фронт (САФ) и Полярный фронт (ПФ). Важнейшие из них – САФ и ПФ – формируются в пределах АЦТ [Holliday, Read, 1998].

Названные фронты регулярно пересекаются научно-экспедиционными судами (НЭС) снабжения Российской антарктической экспедиции в индо-океанском секторе (15–20°E и 40–50°S) между Африкой и Антарктидой. Тенденции в межгодовых меридиональных смещениях главных фронтов могут быть проявлением глобального потепления поверхностного слоя вод Южного океана [Ионов, Лукин, 2017].

Экспериментальной основой исследований кафедры океанологии СПбГУ в Южном океане в 2007–2017 гг. на НЭС «Академик Фёдоров» служат контактные измерения температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) по ходу судна и синхронные данные дистанционных (спутниковых) зондирований температуры поверхности моря (ТПМ) радиометрами метеорологических спутников серии NOAA [Ионов, 2015]. Данные попутных точно географически привязанных измерений температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) дают возможность *теперь* изучать местоположение и пространственную структуру поверхностных фронтов, рассчитывая горизонтальные

градиенты ТПСМ существенно детальнее (табл. 1), чем это позволяли измерения на гидрологических станциях в океане *прежде*, в лучшем случае через 30 морских миль [Lutjeharms, Valentine, 1984].

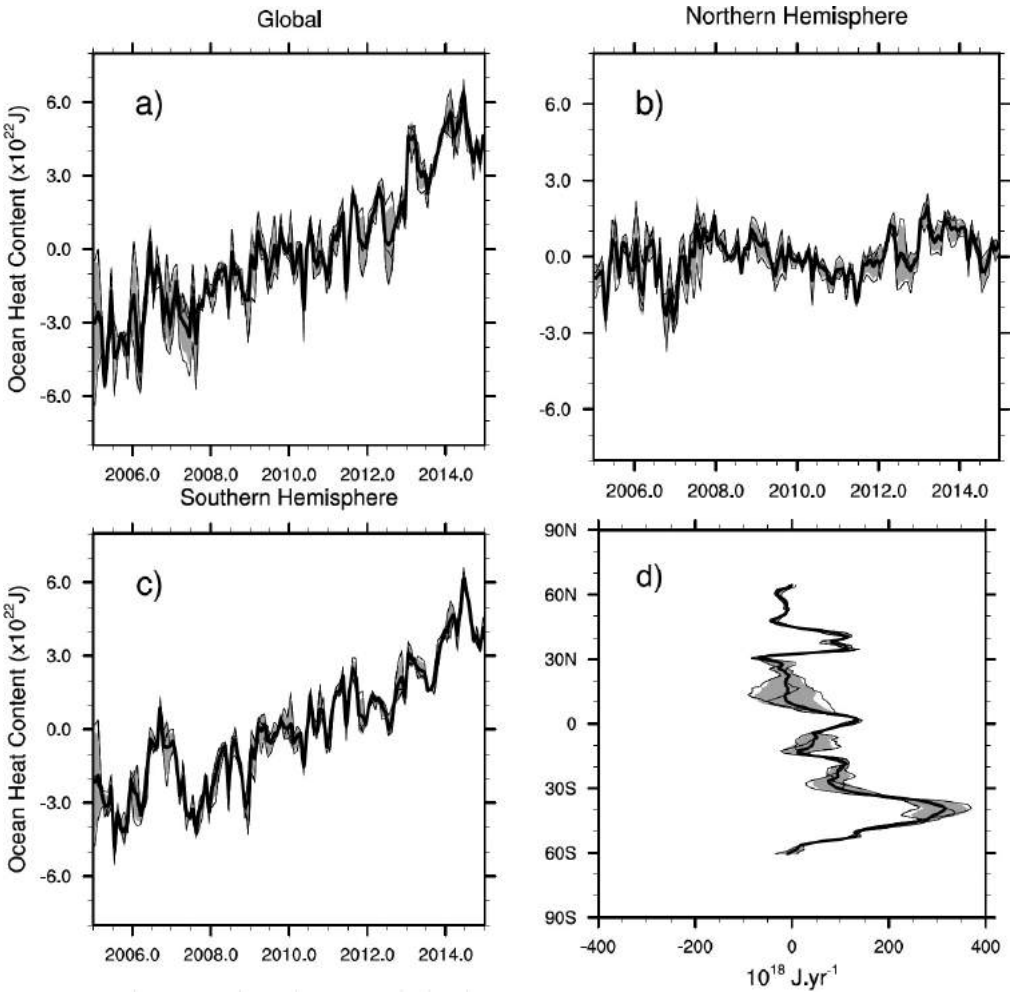


Рис. 1. Изменения теплосодержания в океанических водах выше глубины 2000 м относительно температурного климата. Цветные линии – оценки различных научно-исследовательских центров; черным – средние по времени в 10^{22} Дж: *a*) для Мирового океана (между ± 65° широты); *b*) вод северного полушария, *c*) вод южного полушария; *d*) – зонально осредненные оценки изменения океанического теплосодержания в 10^{18} Дж/год (огибающая серая полоса показывает стандартное отклонение от среднего). Адаптировано из [Llovel, Terray, 2016]

Таблица 1. Характеристики фронтов по непрерывным данным ТПСМ, сезон 53 РАЭ

Название фронта	Дата пересечения фронта	Широтное положение фронта	Зона фронта		Интервал температур, °С		Ширина зоны фронта, км	Средний градиент, °С/км
			от	до	от	до		
СТФ	07.12.2007	40°53'	40°21'	41°08'	17,0	14,0	87	0,03
САФ	08.12.2007	43°43'	43°37'	43°59'	13,0	8,5	41	0,11
ПФ	09.12.2007	49°16'	48°53'	50°07'	4,2	1,7	137	0,02

В индийском секторе Южного океана в 2007–2017 гг. в межгодовых сезонных (в период астрального лета, декабрь) положениях климатических фронтов СТФ и САФ на поверхности моря отмечена тенденция к смещению на юг как свидетельство потепления в поверхностном слое вод (рис. 2). 11-летний ряд наблюдений демонстрирует тренд к сдвигу меридиональных положений фронтов и, следовательно, более теплых субтропических поверхностных вод к югу для СТФ и САФ. Напротив, у ПФ имеет место малозаметный тренд к северу.

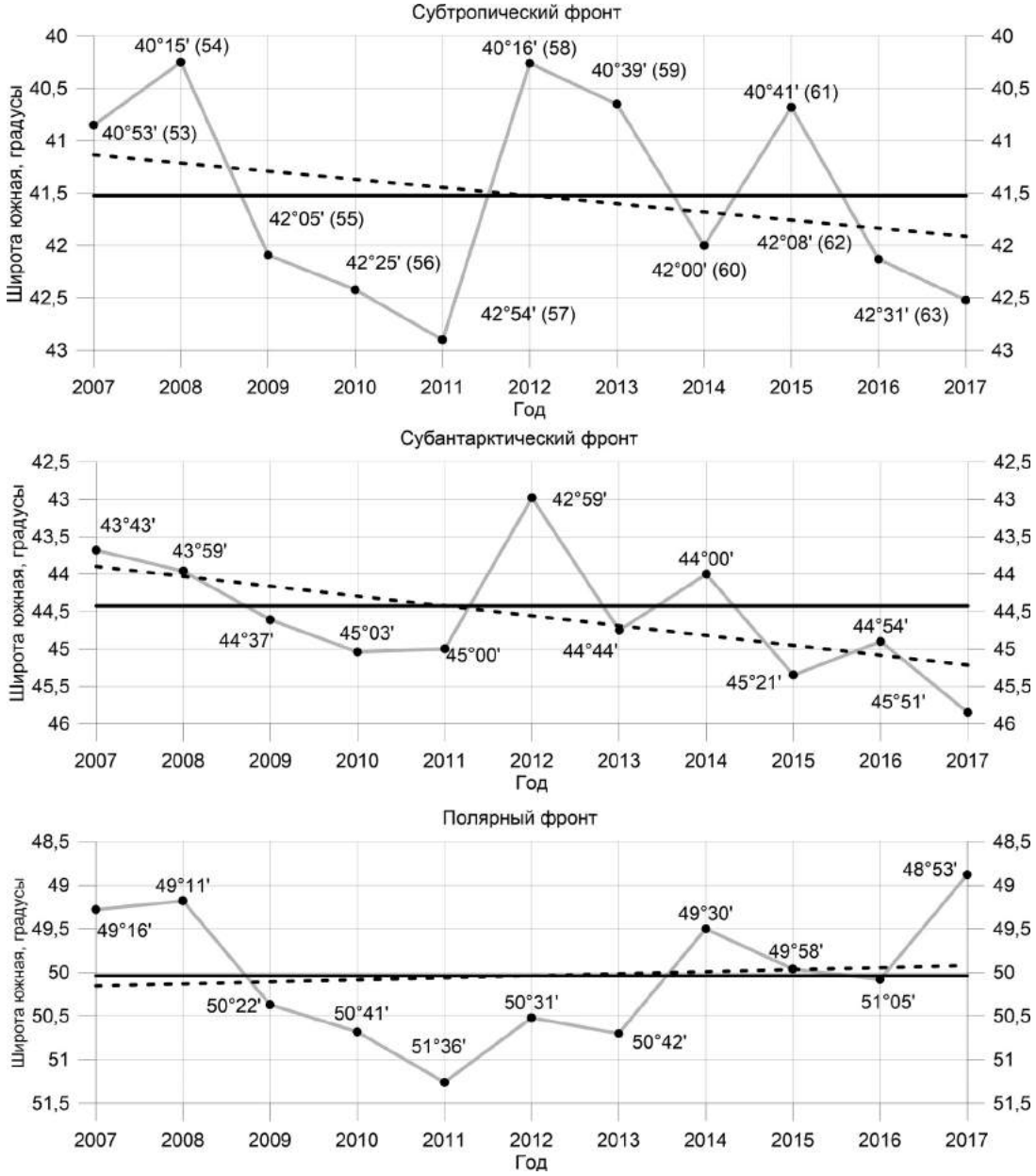


Рис. 2. Временной ход широтных положений основных поверхностных фронтов Южного океана: СТФ, САФ, ПФ в декабре 2007–2017 гг., 53–63 РАЭ

Явное возрастание теплосодержания за период 2006–2014 гг. в полосе широт АЦТ (рис. 1*d*), с одной стороны, и отчетливое проявление этого климатического сигнала в устойчивой, на протяжении 2007–2017 гг., тенденции к югу в межгодовой изменчивости местоположений двух главных фронтов Южного океана (рис. 2) – с другой стороны, подтверждают содержательную климатологическую значимость результатов наших наблюдений, выполняемых в индийском секторе Южного океана, и необходимость их продолжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ионов В.В. Синоптический мониторинг поверхностных термических фронтов Южного океана // Труды ВНИРО. 2015. Т. 157. С. 143–150.

2. 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.

3. Holliday N.P., Read J.F. Surface oceanic fronts between Africa and Antarctica // Deep-Sea Res. 1998. Is. 45. P. 217–238.

4. Llovel W., Terray L. Observed southern upper-ocean warming over 2005–2014 and associated mechanisms // Environ. Res. Lett. 2016. 11. P. 124023.

5. 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.
6. Sallee J.-B. Southern Ocean warming // Oceanography. 2018. 31 (2). P. 52–62.
7. Schmitt R.W. The ocean's role in climate // Oceanography. 2018. 31 (2). P. 32–40.
8. Volkov D.L. Ocean warming // In: AccessScience. McGraw-Hill Education, 2018.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСТУПЛЕНИЯ ТВЕРДОГО СТОКА ДОНА В ТАГАНРОГСКИЙ ЗАЛИВ

А.В. Клещенков[1], А.Л. Чикин[1], Л.Г. Чикина[2], В.В. Сорокина[1]
[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
chikin1956@gmail.com

Азовское море характеризуется развитием в его бассейне опасных природных явлений и катастроф, угрожающих целостности и функционированию стратегических объектов гражданского и оборонного значения в прибрежной зоне. Одним из таких опасных природных явлений является заиливание подходных каналов к портам Таганрог, Азов, Ейск. Ежегодно на поддержание их в пригодном для судоходства состоянии тратятся значительные средства. При этом следует учитывать, что восточный район Азовского моря хорошо освоен морехозяйственной деятельностью, здесь развито судоходство. Через порты Приазовья (Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог) ежегодно проходит более 40 % российского экспорта зерновых, и в соответствии с долгосрочной стратегией развития региона портовые мощности будут увеличиваться. Всё это обусловливает необходимость анализа изменения морфодинамических процессов в дельте Дона и восточной части Таганрогского залива, проведения оценки вклада антропогенных и природных факторов в заносимость каналов и рукавов дельты Дона и взморья с целью прогноза литодинамики исследуемой области.

Исследованию современного осадконакопления в Азовском море и роли речного стока в этом процессе посвящено немало работ [Хрусталев, 1989; Хрусталев, Ивлиева, 1999; Ивлиева, 2009; Сорокина, Бердников, 2008; Чикина, Чикин, 2009]. Несмотря на сложившееся понимание основных закономерностей седиментации, особенности этого процесса в отдельных районах Азовского моря, таких как взморье Дона, прибрежные районы, изучены недостаточно. Существенную помощь здесь может оказать анализ, выполненный с использованием математического моделирования, дополняющего результаты наблюдений.

Цель работы – выполнить вычислительные эксперименты на математической модели и определить районы оседания речного твердого стока в зависимости от ветровой ситуации, а также выяснить, куда выносятся легкие и где оседают тяжелые фракции взвеси.

Используемая для расчетов математическая модель содержит гидродинамическую и транспортную составляющие. Гидродинамическая составляющая описана двухслойной моделью ветрового течения [Чикин, 2005].

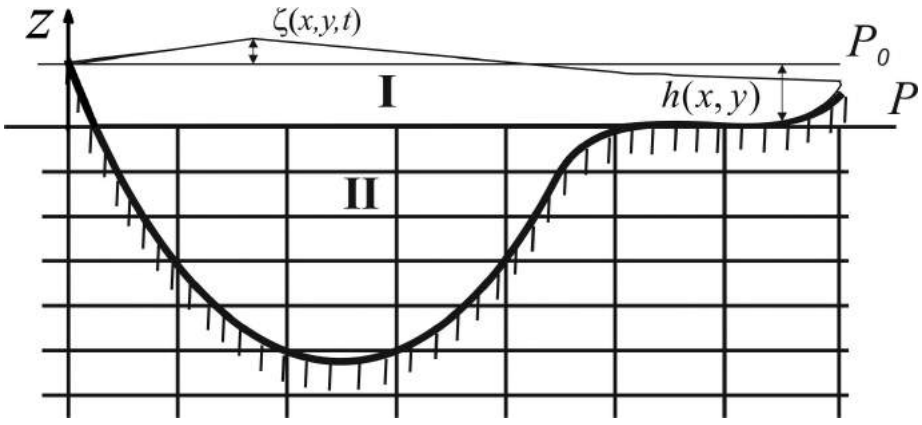


Рис. 1. Вертикальный разрез водоема с обширным мелководьем

Суть подхода состоит в разбиении исходной трехмерной области расчета Ω (водной толщи водоема), ограниченной сверху акваториальной, а снизу донной поверхностями, на две – глубоководную и мелководную части. Для декомпозиции пространственной области моделирования Ω проведем горизонтальную секущую плоскость *P*, отстоящую от невозмущенной поверхности водоема P_0 на глубине, равной максимальной глубине мелководья (рис. 1). Таким образом, плоскость *P* разделила исходную область на две подобласти: верхний слой Ω_1 (слой I) – всё мелководье и верхняя часть глубоководного слоя и глубоководный слой Ω_2 (слой II). Предполагается, что эффект осушения из-за сгона воды может присутствовать только в мелководных районах.

Движение воды в слое I описывается уравнениями мелкой воды:

$$\frac{du_s}{dt} - \Omega v_s = -g\frac{\partial \zeta}{\partial x} + \nu_{xy}\left(\frac{\partial^2 u_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_s}{\partial y^2}\right) + \frac{\tau_{sx}}{H} - \frac{\tau_{bx}}{H} + F_x(x,y), \quad (1)$$

$$\frac{dv_s}{dt} + \Omega u_s = -g\frac{\partial \zeta}{\partial y} + \nu_{xy}\left(\frac{\partial^2 v_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_s}{\partial y^2}\right) + \frac{\tau_{sy}}{H} - \frac{\tau_{by}}{H} + F_y(x,y), \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial H u_s}{\partial x} + \frac{\partial H v_s}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Здесь $H = h + \varsigma$; $h = h(x,y)$ – глубина мелководного слоя; $u_s = u_s(x,y,t)$, $v_s = v_s(x,y,t)$ – скорости в слое I; функции $F_x(x,y)$ и $F_y(x,y)$ описывают взаимодействие верхнего и нижнего слоев между собой; $\zeta = \zeta(x,y,t)$ – возмущение уровня воды; Ω – коэффициент Кориолиса; τ_{sx}, τ_{sy} – проекции на оси *OX* и *OY* силы трения ветра о поверхность водоема; τ_{bx}, τ_{by} – проекции на оси *OX* и *OY* силы трения жидкости о дно (или нижний слой воды). Эти величины зависят от скорости ветра $\overline{W}_B\{W_x, W_y\}$ и течения $\overline{W}_T\{u_s, v_s\}$ и определяются так: $\overline{\tau}_s = \gamma|\overline{W}_B|\overline{W}_B$, $\overline{\tau}_B = \gamma|\overline{W}_T|\overline{W}_T$, $\beta(x,y)$– коэффициент трения верхнего слоя жидкости о дно (или о глубоководный слой); γ – коэффициент трения ветра о слой I.

Движение воды в глубоководном слое II описывается системой, состоящей из уравнений количества движения, уравнения неразрывности среды и уравнения гидростатического давления:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} - \Omega v = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu_{xy}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_z \frac{\partial u}{\partial z}\right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} + \Omega u = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \nu_{xy}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_z \frac{\partial v}{\partial z}\right), \quad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0,\ p = g\rho(\zeta - z) p_a.$$

Здесь $u = u(x,y,z,t)$, $v = v(x,y,z,t)$, $w = w(x,y,z,t)$, – компоненты вектора скорости; $p(x,y,z,t)$ – давление; *x, y, z, t* – пространственные переменные и время соответственно; $p_a = p_a(x,y)$ – атмосферное давление; $\nu_{xy} = \nu_z(z)$ – коэффициенты горизонтальной и вертикальной вязкости соответственно; ρ – плотность воды; $g = 9{,}8$ м/с^2 – ускорение силы тяжести.

Уравнения (1)–(5) замыкаются соответствующими граничными условиями.

Модель переноса взвешенного вещества представлена в работе [Чикин и др., 2008], где она реализована для изучения загрязнения южной части Цимлянского водохранилища.

В предположении, что донные отложения состоят из *k* фракций ($k = 1,\ldots,N$), перенос взвеси описывается уравнением конвекции-диффузии

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} + \frac{\partial\left(uc_k\right)}{\partial x} + \frac{\partial\left(vc_k\right)}{\partial y} + \frac{\partial\left[\left(w - w_{sk}\right)c_k\right]}{\partial z} = \varepsilon_{xy}\left(\frac{\partial^2 c_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_k}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z \frac{\partial c_k}{\partial z}\right),$$

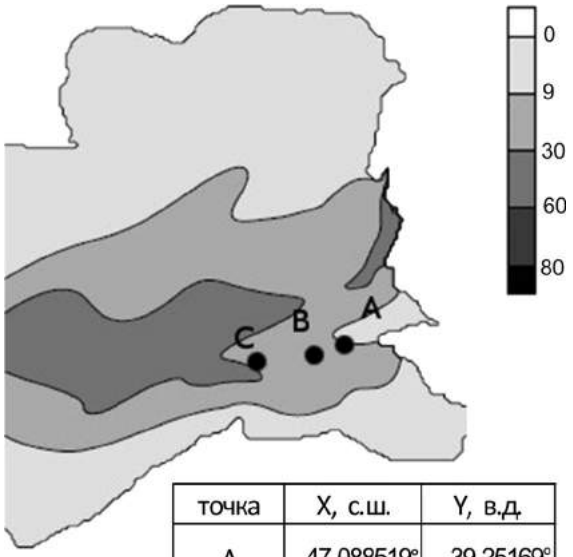
где C_k – концентрация *k*-й фракции; w_{sk} – собственная скорость оседания *k*-й фракции; $\varepsilon_{xy}, \varepsilon_z$ – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии соответственно.

На свободной поверхности задается условие $\varepsilon_z \frac{\partial c_k}{\partial z} + w_{sk}c_k = 0$. На дне ставится условие $\varepsilon_z \frac{\partial c_k}{\partial z} + E_{bk} - D_{bk} = 0$, где E_{bk} – расход при размывании, а D_{bk} – расход оседающих частиц. Поступление твердого стока из реки описывается уравнением $\varepsilon_{xy}\frac{\partial c_k}{\partial n} + V_r c_k = Q_{rk}$, где V_r – скорость реки; Q_{rk} – расход твердого стока (боковой приток); *n* – нормаль к боковой границе.

Весь процесс переноса взвешенного вещества в водной среде состоит из размывания донного осадка, если скорость течения достаточно большая, оседания взвешенных частиц в случае малой скорости течения

и собственно самого переноса взвеси водной средой. Приведенные граничные условия учитывают процессы взмучивания и оседания вещества, его поступление через границы.

Модельный эксперимент на 26–28 июля 2018 г. выполнен с использованием данных о ветровой ситуации ГМС Таганрог. Расчетные значения концентрации взвешенного вещества сравнивались с наблюденными величинами взвеси в трех точках (A, B, C) устьевого взморья Дона (рис. 2). Относительная погрешность расчетов на конец эксперимента (28.07.2018) в выбранных точках изменялась от 1 до 12 %. Лучшие результаты наблюдались в точке B, где погрешности расчетов составляли 9,5 % в начале и 3,5 % в конце эксперимента.



точка	X, с.ш.	Y, в.д.
A	47,088519°	39,25169°
B	47,084158°	39,206996°
C	47,08039°	39,148267°

Рис. 2. Распределение концентрации взвешенного вещества (мг/л) при восточном ветре на конец эксперимента (28.07.2018) и точки наблюдений за концентрацией взвеси

Анализ сопоставления результатов моделирования и данных наблюдений показал высокую степень соответствия расчетных и наблюдавшихся in situ значений (рис. 3).

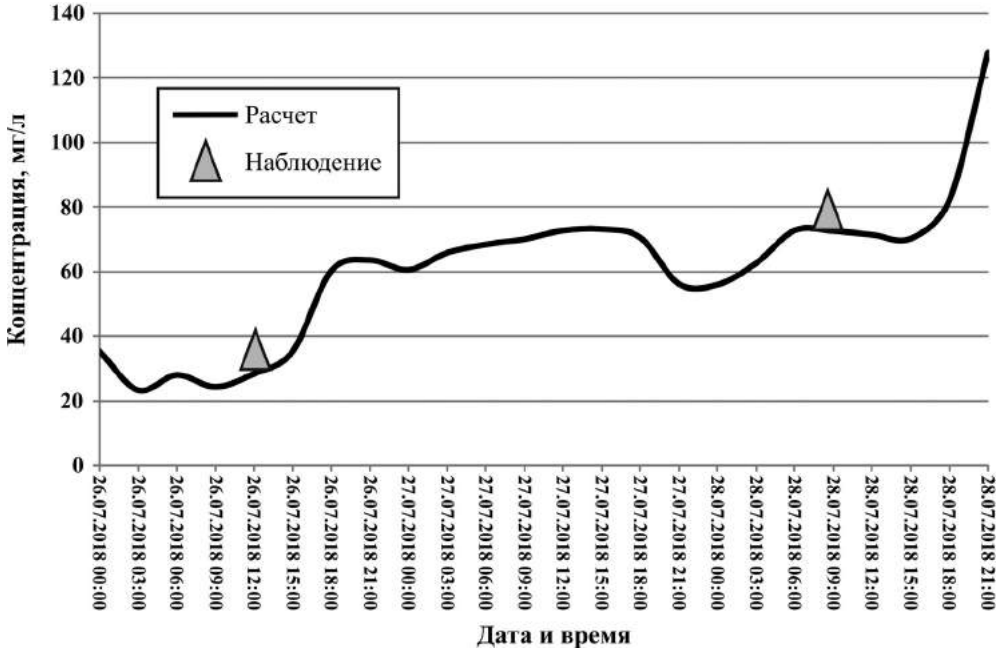


Рис. 3. Расчетные и наблюденные значения концентрации взвешенного вещества при восточном ветре в точке B в период 26–28.07.2018

Предложенный в настоящей работе подход позволил выполнить оценку пространственно-временных особенностей распределения взвешенных наносов на взморье Дона при разных гидродинамических ситуациях. Свойства используемой двухслойной математической модели дали возможность быстро адаптировать ее для Таганрогского залива, отличающегося большой неоднородностью глубин. Численная реализация модели на высокопроизводительных системах позволяет оперативно получать результаты для долгосрочных прогнозов.

Публикация подготовлена в части анализа седиментационных процессов 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 «Высокопроизводительные вычисления».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивлиева О.В. Особенности осадконакопления в Азовском море во второй половине XX века. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009. 320 с.

2. Сорокина В.В., Бердников С.В. Математическое моделирование терригенного осадконакопления в Азовском море // Океанология. 2008. Т. 48. № 3. С. 456–466.

3. Хрусталев Ю.П. Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны. Л.: Наука, 1989. 261 с.

4. Хрусталев Ю.П., Ивлиева О.В. Проблемы антропогенной морской седиментологии (на примере Азовского моря). Ростов н/Д: Гефест, 1999. 196 с.

5. Чикин А.Л. Об одном из методов расчета параметров течений в водоемах с большой неоднородностью глубин // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 1. С. 55–60.

6. Чикин А.Л., Шабас И.Н., Сидиропуло С.Г. Моделирование процесса переноса загрязняющего вещества в Цимлянском водохранилище // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 1. С. 53–59.

7. Чикина Л.Г., Чикин А.Л. Математическая модель процесса заиления подходных судоходных каналов в Таганрогском заливе // Математическое моделирование. 2009. Т. 21. № 2. С. 29–35.

СЕКЦИЯ 4

МОРСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ. РИСКИ ОТ РАСТУЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

LOW И HIGH TECH В МОРСКИХ ЭКО- И БИОТЕХНОЛОГИЯХ

А.В. Гудимов
Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск
alexgud@mail.ru

Сегодня мы начинаем понимать, что большая часть экологических проблем не может быть решена средствами традиционных технологий, их продолжающееся применение только ухудшает экологическую ситуацию при возрастающей эксплуатации морских, и особенно прибрежных экосистем.

Важнейшее направление современной и будущей прикладной экологии – экотехнология, или экологическая инженерия, – основана на использовании сил природы, в основном биологических систем, для решения экологических проблем. По словам Уильяма Митча [Mitsch, 1998], одного из основоположников западного направления экотехнологии, мы во многих отношениях только играем «в прятки с загрязнением», решая одну проблему, чтобы создать другую. Применение экотехнологий – один из новых подходов к гармонизации общества и природы.

Одним из ранних определений экологической инженерии было «управление природой есть экологическая инженерия... Партнерство с природой является лучшим термином» [Odum, 1971 – по: Odum, 1991]. Наиболее популярным стало следующее определение *экологической инженерии:* «дизайн человеческого общества и окружающей природной среды для взаимной пользы обоих» [Mitsch and Jorgensen, 1991]. Под словом «дизайн» понимается, очевидно, творческое конструирование.

Общая и прикладная экология являются фундаментом экологической инженерии, но не исчерпывают это понятие полностью. Термин «инженерия» подразумевает созидательное вмешательство человека в функционирование природных экосистем с целью его изменения в нужном направлении.

Экологическая инженерия вобрала в себя множество других терминов и дисциплин, существовавших ранее (и возникающих поныне), объединив их в одно технологические направление (табл. 1). Общим для всех них является базовый принцип использования естественных природных процессов для минимизации антропогенной деструкции.

Строго говоря, экологическую инженерию и экотехнологию не следует путать с биотехнологией, использующей генетические манипуляции для создания новых пород, клонов и организмов, выполняющих специфические функции (табл. 2).

Различия между экотехнологией и биотехнологией связаны не только с их методами, но с их базовыми принципами, управлением, дизайном и конечной ценой для общества. Экотехнология развивает преимущественно методы экосистемного уровня, она ближе к природным принципам, в то время как методы биотехнологии ближе к принципам промышленного производства.

Альтернативные экологически и экономически эффективные технологии очистки стоков и минимизации загрязнения во многих случаях готовы прийти на смену традиционным технологиям, базирующимся на использовании комбинации физических, химических и биологических процессов в многоступенчатой обработке сточных вод в рамках искусственных сооружений различной степени сложности.

Видимо, основное отличие экотехнологии от традиционных методов устранения загрязнения – в использовании природных сил для извлечения полезного вещества и энергии из отходов и загрязнения. Проблема рециркуляции вещества и энергии как стратегия устойчивого развития общества является центральной для

экотехнологии. Рециркуляция означает освоение и развитие технологий очистки и обработки отходов на основе использования естественных природных процессов с целью извлечения и использования тепла, энергии и питательных веществ (обычно биогенов), содержащихся в этих отходах.

Таблица 1. Основные синонимы, подразделения и направления экологической инженерии (по: [Mitsch, Jorgensen, 1991; Mitsch, 1998])

Исходный термин	Русский эквивалент
Restoration Ecology	экология восстановления среды
Bioengineering	биоинженерия
Sustainable Agroecology	устойчивая агроэкология
Habitat Reconstruction	реконструкция (нарушенных) местообитаний
Ecosystem Rehabilitation	восстановление/реабилитация экосистем
Biomanipulation	биоманипуляции, управление биоценозами
Engineering Ecology	инженерная экология
Industrial Ecology	индустриальная/промышленная экология
Ecotechnology	экотехнология
Ecotechniques	экотехника
Eco-Tech	экотехно (экотехнология)
Wetland Restoration	восстановление ветландов (гидробиоценозов)
Alternative Wastewater Treatment	альтернативная обработка сточных вод
Reclamation Ecology	экология улучшения окружающей среды

Таблица 2. Сопоставление экотехнологии и биотехнологии (по: [Mitsch, Jorgensen, 1991])

Характеристика	Экотехнология	Биотехнология
Основная единица	экосистема	клетка
Базовые принципы	экология	генетика; биология клетки
Управление	функции мощности, организмы	генетическая структура
Дизайн	самоорганизация при определенном участии человека	искусственная конструкция
Биоразнообразие	защищено	изменено
Стоимость	приемлемая	очень высокая
Энергетическая основа (исходная)	солнечная энергия	ископаемое топливо

При использовании традиционных технологий обработки стоков (как и без обработки) лишь небольшое количество биогенов удается извлечь и использовать повторно, большая же часть их безвозвратно теряется, поступает в водоемы, загрязняя их и вызывая эвтрофикацию. (Так происходит не только с Кольским заливом, но на Азовском море и на других акваториях юга России.) Если создать условия для полной рециркуляции этих биогенов, тогда будет возможно не только значительно уменьшить загрязнение, но и получать одновременно определенные выгоды от их использования.

Для очистки и доочистки сточных вод наибольшее распространение среди природных экосистем получили ветланды – сезонно или постоянно увлажняемые участки земли, насыщенные водой и населенные характерными водными или полуводными видами растений (гидрофитами) и животных. Хорошим примером ветландов являются, например, азовские плавни – обширные территории прибрежья Азовского моря, густо покрытые камышом, полуводной и прибрежной растительностью, перемежающиеся участками открытой воды и каналами.

Широкое применение ветландов для очистки стоков обусловлено как их высокой адаптивной устойчивостью к переувлажнению, так и их высокой продуктивностью, превышающей даже плодородность большинства агроценозов. Ветланды могут использоваться для извлечения из воды многих загрязняющих веществ, включая патогенные микроорганизмы, взвешенные и растворенные вещества, тяжелые металлы, нефтеуглеводороды, жиры и другие органические комплексы.

Помимо ветландов к водным системам природной очистки/доочистки сточных вод относятся также факультативные лагуны (пруды), аэрируемые пруды и морская аквакультура.

Экологическая инженерия широко использует аквакультуру разных видов растений и животных, ведь обе эти технологии основаны на одинаковом принципе использования природных процессов циркуляции веще-

ства и энергии для извлечения пользы в виде получаемой биопродукции и/или чистой воды. Однако основой экологической инженерии является экология, в то время как аквакультура руководствуется в первую очередь продукционными возможностями отдельных видов для извлечения непосредственной коммерческой выгоды.

Использование сточных вод для аквакультуры некоторых водорослей, рыб, а также уток имеет давние традиции в Азии, особенно в Китае, и связано главным образом с пресными водами. В то же время половина мирового урожая от аквакультуры производится в прибрежье, зоне наибольшей продуктивности моря и одновременно зоне наибольшего антропогенного воздействия.

Экотехнология использования морских открытых экосистем находится на начальном этапе своего развития, что объясняется большей технологической сложностью по сравнению с использованием пресных замкнутых и полузамкнутых водоемов.

Развитие прибрежной аквакультуры в странах с холодным климатом имеет особое значение, так как прудовая аквакультура, как и агрикультура, в условиях продолжительной зимы проблематична, поскольку ограничена коротким периодом летней вегетации. Однако для того, чтобы оценить возможности и ограничения экологической инженерии в применении аквакультуры моллюсков и водорослей прибрежной зоны морей умеренного климата, необходимо провести соответствующий комплекс фундаментальных исследований технологического потенциала данных видов.

Современные экотехнологии развиваются в двух направлениях – High Tech и Low Tech, т.е. «высокие» и «низкие» технологии. Высокие экотехнологии (Hi-Tech) характеризуются сочетанием биологических объектов с электроникой и робототехникой, обеспечивающей автоматическую работу систем и удаленный контроль. Простые (Low Tech) экотехнологии в наибольшей мере опираются на прямое использование сил природы для решения экологических задач и характеризуются большой долей ручного труда при минимальном техническом регулировании и контроле. Low Tech экотехнологии давно применяются в экологической инженерии, являются ее классической основой для пресноводных объектов. В то же время примеры экотехнологии для морских вод весьма ограничены и в основном адресованы в будущее. Исследования ММБИ показали, что наиболее удачными и простыми экотехнологиями, пригодными для применения в прибрежье северных морей, являются технологии на основе мидиевых марихозяйств [Gudimov, 1996].

Современная аквакультура и экотехнология становятся всё более наукоемкими и регулируемыми, происходит интенсификация производства и переход к автоматизации, т.е. приближение к High Tech как естественное следствие научно-технической революции.

Важно, независимо от выбора Low Tech или High Tech экотехнологии, устраняя одну проблему с загрязнением, ради восстановления чистоты воды не порождать другие. Используя природные силы и аквакультуру, но продолжая играть «в прятки с загрязнением», мы лишь усугубляем экологическую проблему и вместо эффективной экотехнологии очистки вод приходим к неоправданному увеличению затрат при минимальном или сомнительном результате.

Список литературы

1. Gudimov A.V. Mussel aquaculture for nutrient recycling and wastewater treatment: physiological abilities and limits in cold environment // Environ. Res. Forum. 1996. Vol. 5–6. P. 123–130.

2. Mitsch W.J., Jorgensen S.E. (Eds.). Ecological engineering: an introduction to ecotechnology. 1991. 472 p.

3. Mitsch W.J. Ecological engineering – the 7-year itch // Ecol. Eng. 1998. Vol. 10. No. 2. P. 119–130.

4. Odum H.T. Experimental study of self-organization in estuarine ponds // Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology / eds. W.J. Mitsch and J. Jorgensen. Wiley&Sons, Inc., New York, 1991. P. 291–340.

КРИОКОНСЕРВАЦИЯ РЕПРОДУКТИВНЫХ КЛЕТОК РЫБ КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА МОРСКИЕ РЕСУРСЫ

А.В. Фирсова
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
firsovaangelina1991@mail.ru

В период конца XX – начала XXI в. наблюдался рост экологических аварий и катастроф. Уровень научно-технического прогресса достигнут человечеством за счет истребления невозобновляемых природных ресурсов и, как следствие, интенсивного загрязнения окружающей среды химическими веществами.

Загрязнение воды, почвы и атмосферного воздуха происходит в основном за счет антропогенного фактора и лишь в незначительной мере – за счет природных явлений (пыльные бури, вулканы и др.). Одними из главных источников загрязнения выступают транспорт, промышленность, сельскохозяйственные и энергетические комплексы, средства борьбы с вредителями, минеральные удобрения, промышленные и бытовые отходы.

На сегодняшний день на нашей планете не осталось ни одной экологической системы, которая бы не попала под разрушительное воздействие со стороны человека. Человечество, таким образом, вступает в конфликт с природой, что ведет к необратимым процессам в ней. Уже сейчас объем допустимого влияния на биосферу превышен в несколько раз [Пономарев, 2014].

В сложившихся экологических условиях сильно страдают водные биоресурсы. И сейчас, когда негативное воздействие на ихтиофауну морей достигло своего предела, важным является сохранение их генетического разнообразия. В бассейнах южных морей России антропогенное влияние особенно негативно отразилось на осетровых видах, а также белорыбице, судаке и др. Например, ранее белуга, русский осётр, севрюга и шип в Каспийском и Азовском морях имели промысловое значение, а в настоящее время их вылов полностью запрещен. Запасы белуги и севрюги в данных морях стали настолько низкими, что эти виды перевели в разряд исчезающих. Численность эндемика Каспийского моря – белорыбицы – снизилась до критически низкой отметки [Пономарева и др., 2012]. Уровень ее естественного воспроизводства практически равен нулю в связи с отсутствием нерестилищ после зарегулирования стока Волги. Единственным источником пополнения популяции белорыбицы является ее искусственное воспроизводство.

Но, к сожалению, масштабы искусственного воспроизводства, объем выпуска молоди осетровых, белорыбицы и других ценных видов рыб в последние годы снижаются. Причиной служит растущий с каждым годом дефицит производителей рыб. Рыбоводные заводы не могут обеспечить себя достаточным количеством качественных самок и самцов с требуемым их соотношением, в том числе и из-за возросших масштабов браконьерского лова [Васильева и др., 2016].

В связи с вышеизложенным возникла необходимость разработки новых подходов к использованию и сохранению генофонда рыб естественной генерации для целей искусственного воспроизводства и товарного рыбоводства.

Методы глубокого замораживания для гидробионтов стали использоваться в последние 10–15 лет. Эффективность их применения при снижении численности естественных популяций и нехватке производителей рыб может быть очень высокой.

Криогенная заморозка является быстроразвивающимся направлением, которое позволяет сохранить редкие и исчезающие виды. Создание криобанков коллекций геномов рыб дает возможность сохранить генетическое разнообразие ценных промысловых объектов.

Криоколлекции репродуктивных клеток самцов рыб предоставляют следующие возможности:

- сохранять генетическое разнообразие видов;
- получать потомство на рыбоводных хозяйствах при отсутствии самцов или несвоевременном их созревании;
- отказаться от содержания производителей самцов в зимний период с целью получения от них посадочного материала весной;
- осуществлять обмен генетическим материалом между заинтересованными хозяйствами;
- свободно транспортировать материал с места его сбора или при обмене между рыбоводными предприятиями без потери качества образцов;
- использовать образцы замороженного материала для научных исследований и селекционных работ [Красильникова, 2015].

Проблемы сохранения видового разнообразия рыб и увеличения численности их популяций решаются на протяжении многих лет. Ученые ведут исследования, разрабатывают методики по охране и защите водных биологических ресурсов, и всё это направлено на улучшение состояния рыболовной отрасли.

Сотрудники Южного научного центра РАН с 2004 г. проводят исследования по глубокому замораживанию и долгосрочному хранению генетического материала ценных видов рыб. Цель таких работ – разработка технологии низкотемпературной консервации и долгосрочного хранения репродуктивных клеток рыб, позволяющей обеспечивать их сохранность. На протяжении нескольких лет проводятся работы по созданию криобанка. В основу деятельности положено накопление, сохранение и применение генетического материала для устранения дефицита производителей и коррекции существующих технологий искусственного воспроизводства редких и исчезающих видов рыб Волго-Каспийского и Азово-Черноморского бассейнов. Накопление биоматериала начали в 2007 г., образцы клеток пополняются ежегодно [Пономарева и др., 2012].

Таким образом, прогресс в разработке и усовершенствовании методов криоконсервации гидробионтов расширит сферу их применения в аквакультуре и рыбном хозяйстве, а также позволит поддерживать генетическое разнообразие промысловых рыб, обеспечивать устойчивое их воспроизводство и тем самым способствовать устойчивому рыболовству, создаст предпосылки роста производства рыбы и других гидробионтов в морских и пресноводных хозяйствах аквакультуры [Ottinger et al., 2016].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00208.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Л.М., Смирнова Н.В., Юсупова А.З. К вопросу сохранения и восстановления запасов осетровых рыб в Волго-Каспийском бассейне // Юг России: экология, развитие. 2012. № 1. С. 73–76.

2. Красильникова А.А. Совершенствование процесса криоконсервации репродуктивных клеток самцов рыб: дис. … канд. биол. наук: 06.04.01. Астрахань, 2015. 149 с.

3. Пономарев А.И. О методах нормирования антропогенных нагрузок на окружающую среду // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 4. С. 577–592.

4. Пономарева Е.Н., Тихомиров А.М., Богатырева М.М., Красильникова А.А. Криоконсервация репродуктивного материала рыб: разработки Южного научного центра Российской академии наук // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: мат-лы VII Междунар. конф., Керчь, 20–23 июня 2012 г. Керчь: ЮгНИРО, 2012. Т. 2. 196 с.

5. Ottinger M., Clauss K., Kuenzer C. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments – a review // Ocean & Coastal Management. 2016. Vol. 119. P. 244–266.

СЕКЦИЯ 5

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ НАСЕКОМЫХ В БИОЦЕНОЗАХ ДОНБАССА

В.В. Мартынов, Т.В. Никулина
Донецкий ботанический сад, г. Донецк
martynov.scarab@yandex.ua, nikulinatanya@mail.ru

Донбасс – своеобразный физико-географический район, отличающийся целым рядом особенностей, сложившихся в процессе исторического развития и обусловленных исключительно широким воздействием человека на окружающую среду. Современный ландшафтно-экологический облик Донбасса сформировался под воздействием интенсивного экономического развития, начавшегося в середине XIX в. Становление горнодобывающей, металлургической промышленности, тяжелого машиностроения и транспортной инфраструктуры привело к коренным преобразованиям в экосистемах региона. Развитие агропромышленного комплекса, призванного обеспечивать потребности густонаселенного региона, уже к концу XIX в. привело к уничтожению коренной степной и лесной растительности и формированию агроландшафта. Как следствие, в настоящее время степень распаханности территории достигает 64 %, а более 95 % почв Донбасса относятся к классу техногенно измененных [Земля … 2009].

Очередной этап качественных изменений экосистем Донбасса связан с реализацией в середине XX в. сталинского «Плана преобразования природы». В результате широкомасштабных лесоустроительных работ на смену агроландшафту пришел агролесоландшафт, каркасом которого стала система защитных лесонасаждений. Несмотря на создание завершенной сети лесополос, площадь лесных насаждений в регионе составляет всего 8,1 %, при этом 70 % лесов имеют искусственное происхождение [Земля … 2009]. Одновременно с использованием зональных древесных пород (из которых немногим более 100 видов относятся к лиственным и 2 вида – к хвойным) для создания зеленых насаждений и озеленения городов в интродукционные испытания вовлекался широкий ассортимент инорайонных растений. К настоящему времени дендрофлора лесных, декоративно-защитных и городских насаждений Донбасса представлена 228 видами [Поляков и др., 2012].

Многочисленными исследованиями показано, что инвазибельность сообществ, т.е. способность включать в себя то или иное количество чужеродных видов, напрямую зависит от степени их трансформации. В то же время скорость проникновения инвайдеров в такие сообщества обусловлена комплексом факторов, среди которых ключевую роль играют близость региона-донора, наличие экологических коридоров, а также степень развития транспортной инфраструктуры, обеспечивающей многообразие направлений и высокую скорость перевозок.

Оценить современную скорость инвазионного процесса на территории Донбасса достаточно сложно в связи с крайне неравномерной изученностью многих систематических групп растений и животных. Планомерные флористические исследования, начатые в 60-е гг. XX в., отчетливо демонстрируют существенный рост адвентивной фракции флоры. За период с 80-х гг. XX в. по настоящее время удельная доля чужеродных видов сосудистых растений в регионе возросла с 5,6 % (101 вид) до 21,6 % (447 видов) [Prikhodko et al., 2017].

В пределах несоизмеримо более многочисленного комплекса фитофагов объективная информация может быть получена исключительно в отношении видов, наносящих ущерб лесным и сельскохозяйственным культурам. По нашим оценкам, за последние 20 лет на территорию Донбасса проникло более 20 видов фитофагов-вредителей [Prikhodko et al., 2017]. В то же время распределение инвазивных видов в различных типах биоценозов имеет существенные различия. По нашим данным, наибольшей долей чужеродного компонента в фаунистическом комплексе обладают агролесоландшафты, наименьшей – природные территории.

Особенности распределения инвазивных видов в естественных ценозах изучались нами на примере заповедника «Хомутовская степь» – крупнейшего по площади целинного участка приазовской разнотравно-типчаково-ковыльной степи [Приходько и др., 2018].

На территории заповедника и его охранной зоны отмечено 56 видов инвазивных насекомых, относящихся к 6 отрядам: Blattoptera (1), Hemiptera (7), Coleoptera (35), Hymenoptera (4), Lepidoptera (7), Diptera (2). Анализ видового состава и состояния популяций выявленных видов показал, что пространственное распределение инвайдеров на участках с различным режимом охраны неравномерно и ярко отражает степень их антропогенной трансформации.

Наибольшее количество инвазивных видов зарегистрировано на территории усадьбы – 52 вида, в агроценозах и лесополосах охранной зоны выявлено 29 видов, в пойменных и степных биотопах заповедника отмечено 13 и 12 видов соответственно. Значительная часть видов насекомых (23 вида), выявленных на усадьбе заповедника, относятся к синантропному комплексу, представители которого не способны развиваться в природных условиях.

С интродуцентами и культурными растениями, завезенными для озеленения усадьбы или культивируемыми на приусадебных участках, связано 13 видов фитофагов, которые в силу узкой трофической специализации не способны развиваться на аборигенных растениях. Инвазивные виды, выявленные в пойменных и степных биотопах заповедника, представляют преимущественно сапротрофный комплекс, а незначительный по объему комплекс чужеродных фитофагов представлен либо широкими полифагами (*Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, 1977; *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) и т.д.), либо монофагами (*Prociphilus fraxinifolii* (Riley, 1879), *Exechesops foliatus* Frieser, 1995, некоторые виды рода *Rhopalapion* Schilsky, 1906, *Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939) и др.), связанными с инвазивными растениями, внедрившимися в естественные ценозы.

К числу особо опасных чужеродных видов, отмеченных в Донбассе, относится божья коровка арлекин *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), которая входит в число 100 наиболее опасных вселенцев на территории Европы. Этот вид имеет достаточно высокую численность в агроценозах и искусственных лесонасаждениях, однако на целинных степных участках нами не обнаружен. Следует отметить, что ни один из 56 инвазивных видов насекомых, отмеченных на территории заповедника «Хомутовская степь», на настоящем этапе инвазионного процесса не представляет угрозы для природных степных растительных сообществ. Однако внедрение в естественные фитоценозы адвентивных видов растений является первым этапом их трансформации. Например, высокая инвазионная активность таких видов, как *Fraxinus pennsylvanica* Marsh, *Ulmus pumila* L., *Padellus mahaleb* (L.). Vassilcz, *Lonicera tatarica* L. и *Acer negundo* L., проникающих в природные сообщества, создает кормовую базу для трофически связанных с ними инвазивных фитофагов, комплекс которых уже сформировался в регионе.

Важную роль в расширении ареалов инвазивных фитофагов играют полезащитные лесополосы, при формировании которых широко применялись не только местные, но и чужеродные древесно-кустарниковые породы. Существенным преимуществом интродуцентов на начальном этапе лесного строительства было отсутствие специализированных вредителей. Например, в течение длительного времени такие виды, как *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Amorpha fruticosa* L., *Fraxinus pennsylvanica*, *Ulmus pumila* поражались только неспециализированными фитофагами местной фауны. Однако в конце XX в. отчетливо наметилась тенденция к формированию целых комплексов чужеродных фитофагов. Например, в настоящее время комплекс инвазивных фитофагов *R. pseudoacacia* в регионе насчитывает 5 видов, *G. triacanthos* – 3 вида, *F. pennsylvanica* – 2 вида.

Большинство из этих видов были занесены в Европу только в конце XX – начале XXI в. и в дальнейшем самостоятельно распространились по системе искусственных лесонасаждений. Продолжается пополнение комплекса вредителей сельскохозяйственных растений, чему во многом способствует возросшая скорость перевозок посадочного материала. По нашим данным, только за период с 2016 по 2018 г. в регионе выявлено 3 новых опасных вредителя сельского хозяйства: луковый листовой минёр *Liriomyza chinensis* (Kato, 1949), японская виноградная цикадка *Arboridia kakogawana* (Matsumura, 1932) и цикадка белая *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830).

Основу комплекса фитофагов промышленно-городских агломераций Донбасса составляют виды, характерные для естественных пойменных и байрачных лесов. Например, большинство видов жуков-короедов (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), зарегистрированных в городских насаждениях, являются обычным компонентом местной фауны. Появление представителей родов *Hylastes* Erichson, 1836, *Carphoborus* Eichhoff, 1864, *Tomicus* Latreille, 1802, *Orthotomicus* Ferrari, 1867 и *Ips* De Geer, 1775 связано с интродукцией сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а *Phloeosinus aubei* (Perris, 1855) – растений семейства Cupressaceae. При этом расширение ареалов происходит не только с севера на юг (из лесной и лесостепной зон в степную), но и в обратном направлении. Например, недавнее проникновение из горного Крыма в степную зону *Pityogenes*

bistridentatus (Eichhoff, 1878), уже полностью занявшего все степные лесонасаждения от Херсонской области на восток до границы с Ростовской областью Российской Федерации, – результат широкого использования сосны крымской (*P. pallasiana* D. Don) в лесном и зеленом строительстве. Примером расширения ареала в северном направлении является также появление в городских насаждениях жуков-долгоносиков (Coleoptera: Curculionidae), связанных с тамариксом (*Tamarix* spp.): *Coniatus splendidulus* (Fabricius, 1781) и *Allomalia quadrivirgata* (A. Costa, 1863).

Следует отметить, что ограниченная площадь и изолированность насаждений кормовых пород не является фактором, блокирующим проникновение в них специализированных фитофагов. Хорошим примером могут выступать такие древесные породы, как ель (*Picea* spp.) и лиственница (*Larix* spp.), ареалы которых находятся далеко от степной зоны. Тем не менее в городских насаждениях Донецка ель поражается 6 видами специализированных насекомых-фитофагов: *Physokermes piceae* (Schrank, 1801), *Cinara pruinosa* (Hartig, 1841), *Kaltenbachiola strobi* (Winnertz, 1853), *Dioryctris mutatella* (Fuchs, 1903), *Pristiphora abietina* (Christ, 1791) и *Sacchiphantes abietis* (Linnaeus, 1758). С лиственницей связаны 4 вида: *Oligonychus karamatus* (Ehara, 1956), *Cholodkovskya viridana* (Cholodkovsky, 1896), *Protocryptis laricella* (Hübner, [1817]) и *Pristiphora wesmaeli* (Tischbein, 1853).

На распределение чужеродных видов оказывает влияние не только наличие кормовой базы, но и целый ряд других факторов. Например, ильмовый пилильщик-зигзаг *A. leucopoda* формирует очаги массового размножения в полезащитных и придорожных лесополосах на значительных площадях, однако в городских насаждениях встречаются только локальные очаги в парках, в то время как уличные линейные и луночные насаждения практически не поражаются, что, на наш взгляд, связано с недостаточной площадью открытого почвенного покрова с листовым опадом, необходимого для зимовки.

Важным экологическим последствием роста количества инвазивных видов является формирование трофических пирамид, не имеющих аналогов в условиях естественных ареалов их участников. Например, на базе североамериканских видов растений – амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* Linnaeus, 1753) и картофеля (*Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753), – выступающих в роли продуцентов, на территории Донбасса сформировалась завершенная трофическая пирамида, все уровни которой занимают инвайдеры, не обитающие совместно в пределах естественного ареала. В роли консументов выступают колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)), случайно проникший в Европу, а также амброзиевая совка (*Tarachidia candefacta* (Hübner, 1831)) и амброзиевый полосатый листоед (*Zygogramma suturalis* (Fabricius, 1775)), целенаправленно интродуцированные для борьбы с амброзией. Появление хищного клопа *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775), питающегося последними двумя видами, завершает трофическую пирамиду.

Увеличение скорости инвазионного процесса позволяет предположить, что в ближайшие годы санитарное состояние искусственных лесонасаждений Донбасса во многом будет определяться инвазивными насекомыми-фитофагами. Анализ динамики инвазионного процесса на сопредельных территориях позволяет предположить значительное увеличение количества вредителей сельскохозяйственных культур в регионе. Неуклонный рост количества чужеродных видов неизбежно приведет к дестабилизации и разрушению внутренних связей и в аборигенных сообществах, что послужит началом экологического кризиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земля тревоги нашей. По материалам Докладов о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2007–2008 годах / под ред. С. Третьякова, Г. Аверина. Донецк, 2009. 124 с.

2. Поляков А.К., Нецветов М.В., Суслова Е.П. Дендрофлора урбаназированных территорий Донбасса // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». 2012. Т. 14. С. 397–399.

3. Приходько С.А., Мартынов В.В., Остапко В.М., Никулина Т.В. Видовой состав и состояние популяций инвазивных организмов в целинных степных экосистемах Северного Приазовья // Степи Северной Евразии. Материалы VIII Международного Симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 793–796.

4. Prikhodko S.A., Martynov V.V., Ostapko V.M., Nikulina T.V., Mulienkova Ye.G. The most dangerous invasive species in the Donbass // Invasion of alien species in Holarctic: Book of abstracts (Russia, Uglich – Borok, 25–30 september, 2017). Yaroslavl': "Filigran" Publishers, 2017. P. 98.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РЫБ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ ДОНА И ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ

А.В. Старцев
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
star847@mail.ru

В последнее время проблеме вселения чужеродных рыб в эстуарной зоне Таганрогского залива и дельте Дона уделяется достаточно много внимания. В настоящее время здесь возникла острая как никогда ранее необходимость инвентаризации ихтиофауны с целью оценки состояния биологических запасов аборигенных видов рыб и разработки мер по их сохранению.

Азовское море, обладающее большой экологической емкостью, всегда являлось одним из самых продуктивных в мире рыбопромысловых водоемов. Высокая антропогенная нагрузка на промысловых рыб вызвала катастрофическое снижение их запасов, поставив некоторые виды на грань вымирания. Тем не менее экологический потенциал водоема остается достаточно большим, а когда-то ценные промысловые рыбы замещаются менее значимыми с точки зрения рыбохозяйственной практики видами [Матишов и др., 2014; Матишов и др., 2017].

Изменение качественной и количественной структуры аборигенной ихтиофауны делает Азовское море, и в особенности Таганрогский залив, привлекательным водоемом для видов-вселенцев. С одной стороны, это связано с уникальными геоморфологическими, гидрологическими и гидробиологическими условиями (малые глубины, хороший прогрев воды, высокая биологическая емкость), а с другой стороны, неустойчивый солевой режим и антропогенное воздействие создают благоприятные условия для вселения и адаптации как дальних, так и ближних вселенцев морских, солоноватоводных и пресноводных видов [Васильева, Лужняк, 2013].

Основные векторы инвазий рыб (или «механизмы проникновения дальних вселенцев») в Азовское море известны, это:

1) интродукция – направленное вселение человеком; большинство попыток вселения не дало результатов, но некоторые виды рыб стали массовыми в определенных районах моря;
2) попадание с мигрирующими или искусственно вселенными видами;
3) самостоятельное проникновение видов-вселенцев в акваторию Азовского моря;
4) бракеражная интродукция, или непреднамеренный выпуск чужеродных видов в водоем (чаще всего осуществляется рыбаками-любителями либо при выпуске декоративных аквариумных рыбок в живом виде); известны случаи акклиматизации некоторых видов.

В таблице 1 представлены виды рыб, являющиеся вселенцами Азовского моря, вектор инвазии, тип интродукции и современный статус.

Таблица 1. Рыбы-вселенцы Азовского моря

Вселенцы	Вектор инвазии	Тип интродукции	Современный статус
Серебряный карась *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)	Из бассейна р. Амур в западные акватории России попал в XVII в. из Китая в качестве аквариумных рыбок. С 1937 г. завезен с Дальнего Востока в подмосковное Саввинское опытное рыбоводное хозяйство, откуда новые селекционные формы были распространены по многим водоемам европейской части СССР. В 1950–1960-е гг. продолжались интенсивные работы по расселению амурского карася по прудовым рыбоводным хозяйствам и озерам и в других регионах СССР. В реки бассейна Азовского моря попал в 1950–1960 гг. как путем намеренной акклиматизации, так и в результате естественного расселения.	акклиматизация	Широко распространен по всем рекам бассейна Азовского моря. В период 1980–1990-х гг. и по настоящее время рост численности. Наблюдается смещение из пресных в солоноватые воды. В Таганрогском заливе и лиманах образуется новая полупроходная форма. Имеет статус промыслового вида. Создает сильную конкуренцию аборигенным промысловым видам. Полностью вытеснил ближайшего родственника золотого карася. Представляет экологическую опасность в плане вытеснения местной ихтиофауны и формирования монодоминантного сообщества [Лужняк, Старцев, 2009; Лужняк, Старцев, 2010].

Продолжение таблицы 1

Вселенцы	Вектор инвазии	Тип интродукции	Современный статус
Белый амур *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)	В начале 1950-х гг. для формирования маточного стада был интродуцирован из Китая в рыбопитомник «Горячий Ключ». С 1958 г. молодь выпускается в естественные водоемы. С 1960-х гг. начато вселение в водоемы бассейна Дона.	аквакультура	Ценная в пищевом отношении и хозяйственных целях рыба. Питается макрофитами, является естественным мелиоратором водоемов. Ценный объект выращивания в поликультуре с карпом и другими растительноядными рыбами. В естественных условиях в водоемах Азовского бассейна не размножается [Лужняк, Старцев, 2009].
Белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)	В начале 1950-х гг. для формирования маточного стада был интродуцирован из Китая в несколько рыбопитомников южной и европейкой части СССР. С 1958 г. молодь выпускается в естественные водоемы. С 1960-х гг. начато вселение в водоемы бассейна Дона.	аквакультура	Питается фитопланктоном и детритом, способен поедать синезеленые водоросли. Является мелиоратором водохранилищ и прудов. Выращивается в поликультуре с карпом и другими растительноядными рыбами. В естественных условиях в водоемах Азовского бассейна не размножается [Лужняк, Старцев, 2009].
Пестрый толстолобик *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1846)	В начале 1950-х гг. для формирования маточного стада был интродуцирован из Китая в несколько рыбопитомников южной и европейкой части СССР. С 1958 г. молодь выпускается в естественные водоемы. С 1960-х гг. начато вселение в водоемы бассейна Дона.	аквакультура	Биология во многом сходна с таковой белого толстолобика. Основной объект питания – зоопланктон, но к осени увеличивается доля фитопланктона, в том числе синезеленых водорослей. Легко скрещивается с белым толстолобиком. В естественных условиях в водоемах Азовского бассейна не размножается. Численность вида, как и всех перечисленных растительноядных рыб дальневосточного комплекса, зависит от выпуска рыбоводных хозяйств [Лужняк, Старцев, 2009].
Пиленгас *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845)	Дальний Восток (Приморье, Японское море). Поэтапная акклиматизация дальневосточной кефали – пиленгаса – в Причерноморье в 1979–1985 гг. привела к формированию к концу 1980-х гг. самовоспроизводящейся популяции. В короткий срок пиленгас расселился и освоил воды Азовского (включая Таганрогский залив) и Черного морей. Отмечен в Мраморном, Эгейском и других морях Средиземноморского бассейна.	акклиматизация	В 1992 г. пиленгас был включен в Реестр промысловых рыб Азово-Черноморского бассейна, а с 1993 г. разрешен его промысловый лов. В конце 1990-х гг. запасы пиленгаса в Азовском море оценивались более чем в 43 тыс. т. Прошел все стадии акклиматизации в новых условиях. В последнее десятилетие является наиболее важным промысловым объектом в Азовском море. Роль пиленгаса в утилизации детрита изучена мало. Также слабо изучена конкуренция по отношению к аборигенным видам [Лужняк, Старцев, 2009; Лужняк, Старцев, 2010].
Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846)	Нативный ареал – реки Китая, Японии, бассейн Амура. В ходе работ по интродукции дальневосточных растительноядных рыб в 1950–1960-е гг. из-за отсутствия должного контроля перевозок рыбопосадочного материала расселился во многих водоемах Европы и Средней Азии, включая бассейн Азовского моря [Карабанов и др., 2009]. В реках бассейна Азовского моря стал одним из массовых видов рыб, достигая наибольшей численности во второстепенных малопроточных рукавах и ериках донской дельты, маловодных речных заливах. Первые поимки амурского чебачка в дельте Дона стали отмечать в конце 1980-х гг. В 2004 г. он был обнаружен в манычском каскаде водохранилищ, в 2005 г. вверх по реке Дон в Липецкой области. Поимки амурского чебачка в солоноватых водах Азовского моря были отмечены уже в 1990-х гг. [Подушка, 1999; Абраменко, 2012].	непреднамеренная интродукция	Создает значительную конкуренцию местным видам. Самцы активно охраняют нерестовую кладку, отгоняя других рыб, тем самым ограничивая площадь нерестилищ аборигенных видов. Спектр питания включает икру других рыб. При массовом размножении амурский чебачок может наносить существенный ущерб естественному воспроизводству аборигенной ихтиофауны [Лужняк, Старцев, 2009; Лужняк, Старцев, 2010].

Окончание таблицы 1

Вселенцы	Вектор инвазии	Тип интродукции	Современный статус
Американский канальный сомик *Ictalurus punctatus punctatus* (Rafinesque, 1818)	Северная Америка. В 1972 г. был завезен в пруды бассейна Кубани, откуда проник в речную систему Кубани и Дона. Является объектом аквакультуры на теплых сбросных водах ТЭЦ и ГРЭС. Самовоспроизводящиеся популяции обитают в теплом сбросном канале Новочеркасском ГРЭС и межплотинном участке Пролетарского водохранилища, включая нижнее течение р. Большой Егорлык. В летний период встречается в нижнем течении и водотоках дельты Дона.	акклиматизация	В канале-охладителе Новочеркасской ГРЭС ежегодно происходит нерест канального сомика, откуда рыба попадает в Дон. Часть молоди, поднимаясь вверх по реке, достигает устья р. Сал. Непосредственно в Дону и Таганрогском заливе особей старше сеголеток не отмечалось. Следовательно, нерестовый ареал популяции Новочеркасского сбросного канала ограничивается только теплыми водами ГРЭС и адаптации вида к более охлажденным водам Дона и залива не произошло. Как хищник может конкурировать с местными видами. В нижнем течении р. Б. Егорлык (бассейн р. Маныч) обитает адаптированная к холодным водам популяция канального сомика. Здесь вид практически прошел все стадии акклиматизации.
Каспийский бычок-головач *Neogobius gorlap* Iljin in Berg, 1949	Волго-Каспийский бассейн. К 1972 г. проник из Волги через Волго-Донской судоходный канал сначала в Цимлянское водохранилище, затем расселился вниз по Дону и Северскому Донцу.	естественное расселение	Регулярно отмечается на участке Нижнего Дона от плотины Кочетовского гидроузла до г. Ростова-на-Дону. Отмечен в устье Северского Донца. Эвригалинный вид. Обитает в тех же биотопах, что и аборигенные виды бычков (кругляк, песочник и сирман), и занимает сходные экологические ниши. На некоторых участках реки относительная численность вселенца сопоставима с численностью кругляка и песочника. Может составлять конкуренцию местным видам [Лужняк, Старцев, 2009].
Пираньевые Serrasalmidae	Южная Америка. Завезены в Россию в качестве объекта аквариумного содержания. Размножаются в искусственных условиях.	бракеражная интродукция	В последнее время отмечены случаи поимки взрослых особей некоторых видов пираний в естественных водоемах Ростовской области, в том числе Таганрогском заливе и дельте Дона. Все случаи связаны с умышленным выпуском рыб аквариумистами. Мнения, что пираньи способны размножаться в естественных условиях, не имеют основания. В СМИ отмечены случаи укуса пираньями человека.

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. 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.

3. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В., Слынько Ю.В. Новые находки амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temm. et Schl., 1846) в европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2009. № 1. С. 11–13.

4. Лужняк В.А., Старцев А.В. Виды-вселенцы и их роль в ихтиоценах исследуемого региона // Ихтиофауна Азово-Донского и Волго-Каспийского бассейнов и методы ее сохранения / ред. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 58–78.

5. Лужняк В.А., Старцев А.В. Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Черного морей / ред. Г.Г. Матишов, А.Р. Болтачев. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 28–34.

6. 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.

7. Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Лужняк В.А., Старцев А.В. Результаты ихтиологических исследований устьевого взморья Дона. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 160 с.

МАКРОФИТОБЕНТОС ЮЖНЫХ МОРЕЙ РОССИИ В КОНЦЕПЦИИ БОЛЬШИХ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

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

Используя методологические подходы, разработанные в концепции Больших морских экосистем (БМЭ) [Sherman et al., 2005; Матишов и др., 2016], можно четко установить влияние климата и загрязнения на биологическое разнообразие и распределение макрофитов. Выявив указанные закономерности, можно построить прогностические модели «поведения» фитоценозов и дать рекомендации по оптимальному управлению биоресурсами и контролю над ними, что существенным образом может влиять на социально-экономическую ситуацию конкретных прибрежных территорий российского Юга.

Для исследования БМЭ применяют модульную систему, включающую пять блоков: 1) биологическое разнообразие и продуктивность; 2) промысел; 3) загрязнение, состояние морской среды, влияние на биоту; 4) биоиндикаторы и управление прибрежными экосистемами; 5) социально-экономическая ситуация, экосистемные услуги. При этом для океанических районов приоритетной задачей в БМЭ являются устойчивое ведение рыболовства и изъятие других водных биоресурсов на основе экосистемных принципов. На основе базы океанографических данных [Матишов и др., 2014] автором были выделены факторы, имеющие выраженную цикличность и влияющие на динамику сообществ макрофитов: для Чёрного моря – температура поверхностного слоя и прозрачность воды; для Азовского моря – соленость и ледовый режим.

Для оценки современного состояния фитобентоса использован полевой материал, собранный в 2000–2014 гг. в Азовском море, российском прибрежье Черного моря, включая более 600 количественных и качественных проб из рейсов НИС «Денеб», «Профессор Панов».

Видовое разнообразие и распределение. Влияние изменений климата. Для Азовского моря в современный период выявлено 17 видов зеленых, 5 видов бурых и 23 вида красных водорослей [Степаньян, 2009]. В настоящее время произошли изменения в соотношении основных групп водорослей в Азовском море, что связано с колебаниями солености, суровостью зимнего периода [Матишов и др., 2014] и антропогенной деятельностью (зарегулирование и изъятие речного стока).

В условиях резкого снижения пресного стока с 2010 г. и увеличения солености Азовского моря (в 2016 г. – до 15 ‰ в центральной части моря) важную роль играет адвекция черноморских вод, которая развивается при определенных гидрометеорологических условиях (юго-западных ветрах свыше 20 м/с) и приводит к катастрофическим нагонам в восточной части Таганрогского залива [Матишов, Бердников, 2015], что является существенным фактором для инвазий макрофитов из Чёрного в Азовское море. При увеличении солености возрастает видовое разнообразие в сообществах макроводорослей Азовского моря. Для Таганрогского залива значение индекса Шеннона равно 0,65, прибрежной части Азовского моря – 1,04, Таманского залива – 1,38. Макроводоросли Азовского моря представлены мезо- и полисапробными видами, что подтверждает мезотрофный статус Азовского моря. До начала 2000-х гг. область распространения крупных бурых водорослей *Cystoseira barbata* и *C. crinita* была ограничена Керченским проливом. По нашим данным, ареал распространения *Cystoseira* в 2013–2015 гг. расширился до Казантипского залива, что связано с увеличением солености Азовского моря в последние годы. Также активно осваивают новые биоты морские травы *Z. marina* и *Z. noltii*, которые с 2013 г. активно проникают в Таганрогский залив и встречаются в Ейском лимане, вытесняя пресноводные и солоноводные виды трав из рода *Potomogeton*. При этом происходит существенная перестройка сложившихся трофических связей в сообществах донных беспозвоночных и рыб.

В настоящее время в Чёрном море насчитывается более 380 видов макроводорослей, в российской части вод – от 114 до 151 вида водорослей [Никитина, Лисовская, 2013; Степаньян, 2014; Minicheva et al., 2014]. Список водорослей увеличился на 40 % по сравнению с 1970-ми гг., большинство находок новых видов водорослей, так же как и максимальное видовое разнообразие, приходится на турецкое и крымское прибрежья.

В 1960–1970-е гг. преобладал холодноводный комплекс водорослей, с доминированием широко-бореальных видов [Калугина-Гутник, 1975]. В 2000-е гг. на большей части Чёрного моря наметилась выраженная тенденция к увеличению доли тепловодного комплекса, с преобладанием с бореально-тропических и субтропических элементов [Степаньян, 2014], что ранее отмечалась только в начале XX в. В последние годы указывается на значительное уменьшение глубины распространения прикрепленных водорослей [Евстигнеева, 1993; Митясева и др., 2003], в том числе и цистозировых, с которыми связан основной эпифитный комплекс Чёрного моря. Помимо климата, антропогенная деятельность (добыча водорослей, строительство в береговой зоне, загрязнение) также оказывает значительное влияние на состав и глубинное распределение водорослей. Особенно явно такое воздействие отмечено для фитобентоса Новороссийской бухты, где биомасса доминанты прибрежных сообществ *Cystoseira* упала с 14 кг/м^2 в 1960-х гг. до 0,1 кг/м^2 в 2010-е гг. [Степаньян, 2018а]. Видовое разнообразие фитобентоса Новороссийской бухты к концу 2000-х гг. уменьшилось в 1,5 раза в сравнении с 1970-ми гг. [Степаньян, 2018а], в основном за счет холодноводной группы водорослей.

В настоящее время преобладают поли- и мезосапробионтные виды тепловодного комплекса. Значительно (в среднем в 3 раза по сравнению с 1960-ми гг.) сократились площади распространения цистозиры – основного эдификатора и средообразующего вида зарослей средиземноморского типа. При этом биомасса цистозиры снизилась в 10 раз и более. На некоторых участках Новороссийской бухты (нефтепорт «Шесхарис») биомасса цистозировых водорослей сократилась в 10 раз, на глубинах до 1,5 м эти водоросли исчезли полностью. В настоящее время на большей части прибрежной зоны Новороссийской бухты сообщества формируются короткоцикличными сезонными видами. Уменьшилась глубина произрастания, проективное покрытие и биомасса многолетних бурых и красных водорослей [Степаньян, 2018а].

Изменения в фитобентосе южных морей России невозможно объяснить только влиянием загрязнения, в т.ч. нефтяного, или антропогенной деструкцией, хотя именно этим ранее объясняли трансформацию фитоценозов южных морей [Калугина-Гутник, 1975]. Ведущую роль, на наш взгляд, играют климатические изменения в последние десятилетия: в Чёрном море потепление поверхностного слоя вод и снижение прозрачности морской воды, в Азовском море – колебания солености.

Запасы и промысел. Официальная добыча водорослей и трав в Азовском море (российский сектор) не ведется. Небольшой объем выброшенной травы *Zostera* («камка») собирается у берегов Украины, ориентировочный объем изъятия, зачастую нелегального, составляет не более 100 т. Основной запас бурой водоросли *Cystoseira* (2 вида) в российских водах Черного моря находится в районе Туапсе – Анапа. По оценке А.А. Калугиной-Гутник [1975], общий запас *Cystoseira* в советской части моря в середине 1970-х гг. составлял 1 млн т, объем допустимого изъятия определялся в 300 тыс. т. Оценка допустимого улова (ОДУ) для бурых водорослей *Cystoseira* постоянно снижается: с 10 тыс. т в 2005 г., 8 тыс. т – в 2015 г. [www.rostov-fishcom.ru]. При этом рекомендованный объем для изъятия составил в 2017 г. 100 т, а в 2018 г. – всего 3,88 т. ОДУ для морских трав *Zostera* (2 вида), основные запасы которой сосредоточены в Таманском заливе, оценивается в последние годы в 70 тыс. т, при этом в 2018 г. рекомендовано к изъятию всего 200 т. Отметим, что более 90 % разрешенного объема изъятия водорослей и трав в настоящее время не осваивается.

Индикаторные виды и управление. Морские макроводоросли – один из биологических компонентов в системе производственного мониторинга нефтегазовых компаний. Необходима разработка нормативных актов в области сохранения разнообразия макрофитобентоса южных морей России, куда должны быть включены индикаторные виды: промысловые (*Cystoseira*, *Phyllophora, Zostera*), эндемики (*Laurencia coronopus, Chaetomorpha zernovii, Cladophora siwaschensis, Ulva maeotica, Dasya apiculata*) и исчезающие виды (*Gracelaria dura, Desmotrichum punctaroides, Porphyra* ssp.).

Загрязнение и влияние на макроводоросли. В проведенных экспериментах проростки массовых видов черноморских водорослей *C. barbata, U. intestinalis, C. virgatum, Polysiphonia* sp. показали высокую устойчивость к действию эмульсии легкой нефти и нефтепродуктов, нормально развиваясь при концентрациях до 50 мг/л, бóльшие концентрации токсикантов подавляли развитие водорослей [Степаньян, 2018б]. Концентрации нефти и дизельного топлива до 10 мг/л стимулировали рост проростков водорослей. Отметим, что использованные концентрации нефти и нефтепродуктов в десятки раз превышали предельно допустимую концентрацию (0,05 мг/л), принятую для рыбохозяйственных водоемов, но соответствовали современному уровню нефтяного загрязнения Чёрного моря в отдельных акваториях и бухтах. По степени устойчивости к воздействию нефти и нефтепродуктов черноморские водоросли можно расположить (по степени убывания) следующим образом: *C. barbata* → *U. intestinalis* → *C. virgatum* → *Polysiphonia* sp. На наш взгляд, разовая катастрофа скажется не столь

значительно на популяциях водорослей, как хроническое поступление нефтетоксикантов в условиях заливов и лиманов. Структурный «скелет» сообщества сохранится, но могут исчезнуть чувствительные к воздействию нефти группы животных и микроводорослей. Это может привести к дисбалансу в прибрежной экосистеме и повлиять на продуктивность и распределение макроводорослей. Вероятно, сукцессионные процессы в сообществах водорослей будут развиваться аналогично наблюдаемым в Новороссийской бухте.

Заключение. Для управления морскими биоресурсами в южных морях России важен оценочный прогноз изменения состоянии макрофитобентоса на ближайшие годы. Выявленные в результате экспериментальных исследований индивидуальные различия в толерантности макроводорослей к степени загрязнения внешней среды, процессы перестройки фитосообществ под воздействием изменений климата позволили представить прогноз состояния макрофитобентоса эстуарных экосистем южных морей России при дальнейшем воздействии имеющихся климатических изменений и уровне нефтяного загрязнения:

1) В Чёрном море в долговременной перспективе (до середины XXI в.) будет увеличиваться доля тепловодной флоры. Представители холодноводного комплекса водорослей будут сужать ареалы своего распространения, переходить в разряд редких и исчезающих видов.
2) В Азовском море в ближайшие 10 лет будет и дальше происходить расширение зоны обитания черноморской флоры, формирование типичных черноморских сообществ.
3) В Новороссийской бухте процесс трансформации фитосообществ будет продолжаться, что приведет в течение 10–15 лет к практически полному исчезновению типичных черноморских сообществ с участием *Cystoseira* и *Phyllophora*.

Долговременные изменения температуры, солености и прозрачности морской воды в значительной степени влияют на функционирование фитобентоса. Нефть и нефтепродукты при попадании в морскую воду способны вносить дисбаланс в структуру и функционирование прибрежных экосистем, оказывая дополнительное негативное воздействие на сообщества. Концепция БМЭ предполагает оценку вклада отдельных компонентов морских систем в общий пул экосистемных «услуг» для экономики прибрежных стран. Для фитобентоса южных морей России в настоящее время такие оценки не проведены. Особенно важно оценить стоимость косвенных «услуг»: эстетика в рекреационных зонах, биотоп для фитофильных рыб, потоки вещества и энергии, усвоение CO2 и вклад в его снижение в морях и атмосфере, связывание и удаление из воды и донных отложений биогенных элементов, тяжелых металлов, радионуклидов и т.д. нуждаются в дальнейшей проработке.

Исследования проведены в рамках госсубсидии № АААА-А18-118122790121-5 и РФФИ (проект №18-05-80082).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евстигнеева И.К. Видовой состав и количественная характеристика эпифитов *Cystoseira crinita* Bory // Альгология. 1993. Т. 3. № 4. С. 52–57.

2. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1975. 245 с.

3. Матишов Г.Г., Бердников С.В. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Известия РАН. Сер. географическая. 2015. № 1. С. 111–118.

4. Матишов Г.Г., Бердников С.В., Жичкин А.П., Макаревич П.Р., Дженюк С.Л., Кулыгин В.В., Яицкая Н.А., Поважный В.В., Шевердяев И.В., Третьякова И.А., Цыганкова А.Е. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах северного полушария (1878–2013). Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2014. 256 с.

5. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Моисеев Д.В. Климат и большие морские экосистемы Арктики. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2016. 96 с.

6. Митясева Н.А., Максимова О.В., Георгиев А.А. Флора макроводорослей северной части российского побережья Черного моря // Экология моря. 2003. Вып. 64. С. 24–28.

7. Никитина В.Н., Лисовская О.А. Макрофитобентос верхних отделов береговой зоны российского побережья Черного моря // Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей. Сер. 3. Т. 81. СПб.: СПбГУ, 2013. 132 с.

8. Степаньян О.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на ранние стадии развития макроводорослей Черного моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2018. № 3. С. 32–37.

9. Степаньян О.В. Макрофитобентос Новороссийской бухты: деградация в условиях хозяйственной деятельности и климатических изменений // Вестник КамчатГТУ. 2018. № 45. С. 110–116.

10. Степаньян О.В. Распределение макроводорослей и морских трав Азовского моря, Керченского пролива и Таманского залива // Океанология. 2009. № 3. С. 393–399.

11. Степаньян О.В. Современное разнообразие макроводорослей Азовского, Черного и Каспийского морей // Доклады АН. 2014. Т. 458. № 2. С. 229–232.

12. Minicheva G., Afanasyev D., Kurakin A. 2014. Black Sea Monitoring Guidelines. Macrophytobenthos. URL: http://emblasproject.org.

13. Sherman K., Sissenwine M., Christensen V., Duda A., Hempel G., Ibe C., Levin S., Lluch-Belda D., Matishov G., McGlade J., O'Toole M., Seitzinger S., Serra R., Skjoldal H.-R., Tang Q., Thulin J., Vandeweerd V., Zwanenburg K.A. Global movement toward an ecosystem approach to management of marine resources // Marine Ecology – Progress Series. 2005. Vol. 300. P. 275–279.

14. URL: http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/oorr/docs/ (дата обращения: 25.03.2019).

ПЕРФОРАТОРЫ ГИГАНТСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS*, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В ЧЕРНОМОРСКИХ МАРИХОЗЯЙСТВАХ

Е.А. Шубникова
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
shubnikowa.katia@yandex.ru

Устрицы *Crassostrea gigas* Th. – самый культивируемый объект конхиокультуры в мире, так как характеризуется быстрыми темпами роста, набирает массу, имеет высокую степень выживаемости, является деликатесным продуктом, обладающим лечебными и профилактическими свойствами.

В Чёрное море гигантскую устрицу завезли из Японского моря в начале 1980-х гг. взамен исчезающему виду плоской устрицы *Ostrea edulis*. Акклиматизация прошла успешно, о чем можно было судить по темпам роста и выживаемости. В настоящее время выращиванием гигантской устрицы на Черноморском побережье занимается несколько десятков хозяйств. Однако эффективное развитие конхиокультуры главным образом зависит как от результатов изучения экологической и эпизоотологической ситуации в районах размещения хозяйств, так и от паразитофауны объектов выращивания, которым уделяется недостаточно внимания. Наиболее часто встречающиеся виды:

- полихеты-перфораторы раковины гигантской устрицы *Lysidice ninetta*, *Polydora ciliata* и *P. Websteri*; они поселяются в блистерах на внутренней поверхности створок и в ходах внутри толщи раковины;
- сверлящие губки *Pione vastifica* (=*Cliona vastifica*) повреждают лигамент, насквозь просверливают и разрушают раковины. В результате у пораженного хозяина возникает ответная реакция, при которой происходит наращивание дополнительных слоев раковины, что приводит к утолщению последней и увеличению ее массы при одновременном уменьшении массы мягких тканей.

Помимо повреждений, причиняемых Gigas-перфораторами моллюскам, ухудшения товарных характеристик и в результате экономических потерь, которые могут понести устричные хозяйства, сверлильщики выступают еще в качестве конкурентов за жизненное пространство.

При исследовании Gigas-перфораторов были определены районы их распространения в акватории Черного моря, указанные в таблице:

Тип, вид	Распространение	Частота встречаемости, %
Porifera *Cliona vastifica*	от Анапы до Болгарии	11,4
Polydora ciliata	Джарылгачский и Одесский заливы, Крым, Румыния, Болгария	0–100
Petricola lithophaga	м. Б. Утриш	4–10
Gastrochaena dubia	м. Б. Утриш	4–10

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод о том, что наиболее часто встречающийся вид полихет-перфораторов *Polydora ciliata*, его распространение не повсеместно, но в некоторых районах встречается в больших количествах, представляя угрозу вспышек массового мора.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно сделать выводы, что исследования Gigas-перфораторов являются актуальными и необходимыми для разработки методик борьбы, профилактики и предупреждения их появления в целях процветания отечественных устричных хозяйств.

СЕКЦИЯ 6

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКРИПТОВ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ ПО РАСЧЕТУ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИКИ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОРЕЙ

О.Л. Абакумов
ООО «Инжзащита», г. Сочи
olegpas@mail.ru

Оценка гидро- и литодинамических процессов в прибрежной зоне в основном производится методом гидравлического моделирования. Такой метод является, с одной стороны, наиболее точным, но с другой, – достаточно дорогостоящим и длительным для оценки гидро- и литодинамических процессов в прибрежной зоне. Оптимальным является комплексное сочетание физического и численного моделирования с использованием компьютерных программ.

При создании программных комплексов (ПК) для моделирования гидро- и литодинамики в прибрежной зоне возникает потребность в доработке программного обеспечения для включения новых моделей по расчету элементов волн, скоростей течений и транспорта наносов.

В существующих ПК для моделирования гидро- и литодинамики у пользователя часто отсутствует понимание, как выполняется расчет интересующих параметров в ПК. Программа представляет собой «черный ящик», в который вводятся исходные данные и выводится уже результат. Даже при наличии грамотно написанной справки по ПК с подробными описаниями расчетных методов повторить расчет вручную хотя бы для одного поперечника затруднительно.

Автор предлагает предусматривать возможность встраивания в программные комплексы блока для загрузки скриптов, содержащих различные модели для определения элементов волн, скоростей течений и расхода наносов.

Таким образом, ПК для моделирования гидро- и литодинамики в прибрежной зоне может представлять собой (помимо законченного продукта для расчета гиро- и литодинамики по методикам, которые вложил разработчик ПК) еще и программную гибкую оболочку – интерпретатор для расчета по скриптам.

Как правило, для численного моделирования береговых процессов все исходные данные можно свести к следующим: батиметрический план в виде цифровой модели местности (ЦММ), гранулометрический состав наносов на исследуемом участке берега (или как минимум значение среднего диаметра наносов d_{50}), элементы волн на глубокой воде (длина – λ, высота – H, период – T, азимут распространения волны – A_W), при наличии сооружений данные о геометрии в плане гидротехнических сооружениях (ГТС), параметры конструкции ГТС (угол наклона передней грани ГТС к водной поверхности, коэффициенты сквозности, волногашения стенок, наличие волновой камеры, ее объем).

В рассматриваемом программном комплексе автора "Gidrotehnika" [1] расчет ведется по прямоугольной сетке цифровой модели местности (рис. 1). Цифровая модель местности представляет собой массив отметок по прямоугольной сетке $N_x \times N_y$ с соответствующими шагами DX и DY по осям OX и OY (рис. 1).

Выделяются следующие расчетные области в ЦММ для свободного пляжа (рис. 2):

1 – мелководная зона (область подводной части ЦММ до уреза);

2 – поперечник от глубины первого обрушения до границы наката волн на берег;

3 – прибойная зона (область от линии первого обрушения до границы наката волн на берег).

В ПК можно выделить следующие расчетные блоки (см. рис. 3):

1 – расчет поля высот волн в мелководной зоне (при наличии ГТС, учет их влияния на гидродинамику прибрежной зоны);

2 – определение линий первого обрушения волн (включая элементы волн на линии обрушения);

3 – расчет многократного обрушения волн;

4 – расчет поля высот в прибойной области;

5 – определение уклона профиля динамического равновесия по каждому поперечнику и осредненной по глубине скорости вдольберегового течения, формирующегося от обрушающейся волны;

6 – определение расходов потоков наносов (только вдольбереговых либо в поперечном и продольном направлении, в зависимости от размерности решаемой задачи);

7 – определение деформации дна и линии берега.

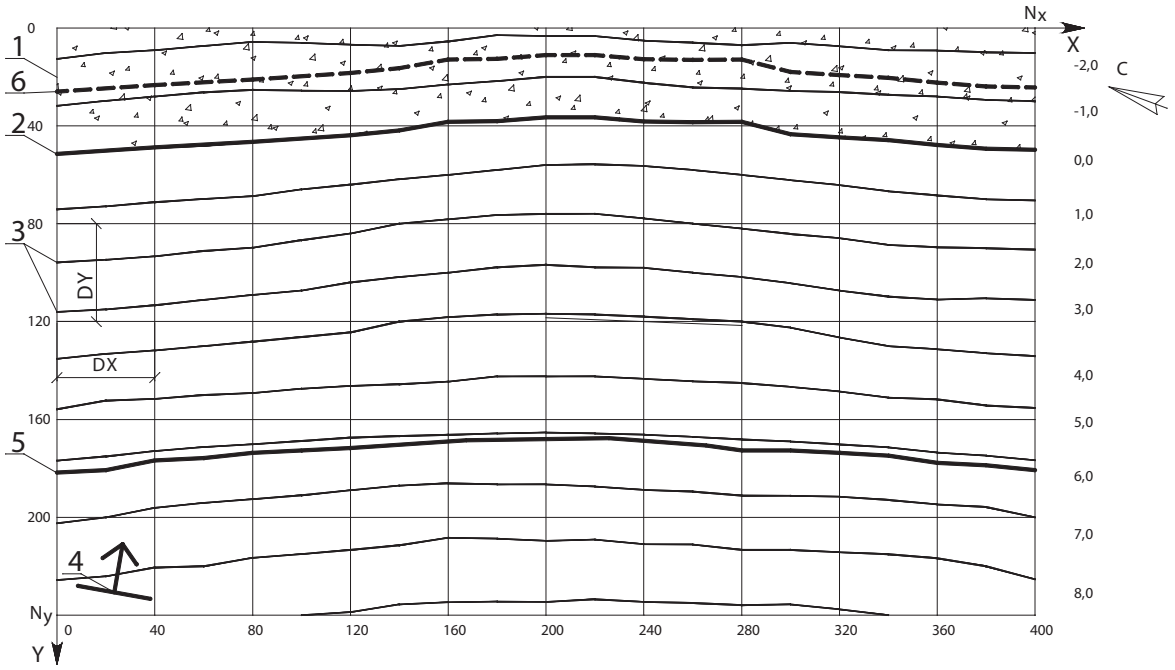


Рис. 1. Схема цифровой модели местности: 1 – берег; 2 – урез воды; 3 – изобаты; 4 – луч исходной волны с высотой *h*, периодом *T* и длиной *l*; 5 – линия первого обрушения волн; 6 – граница наката волн на берег

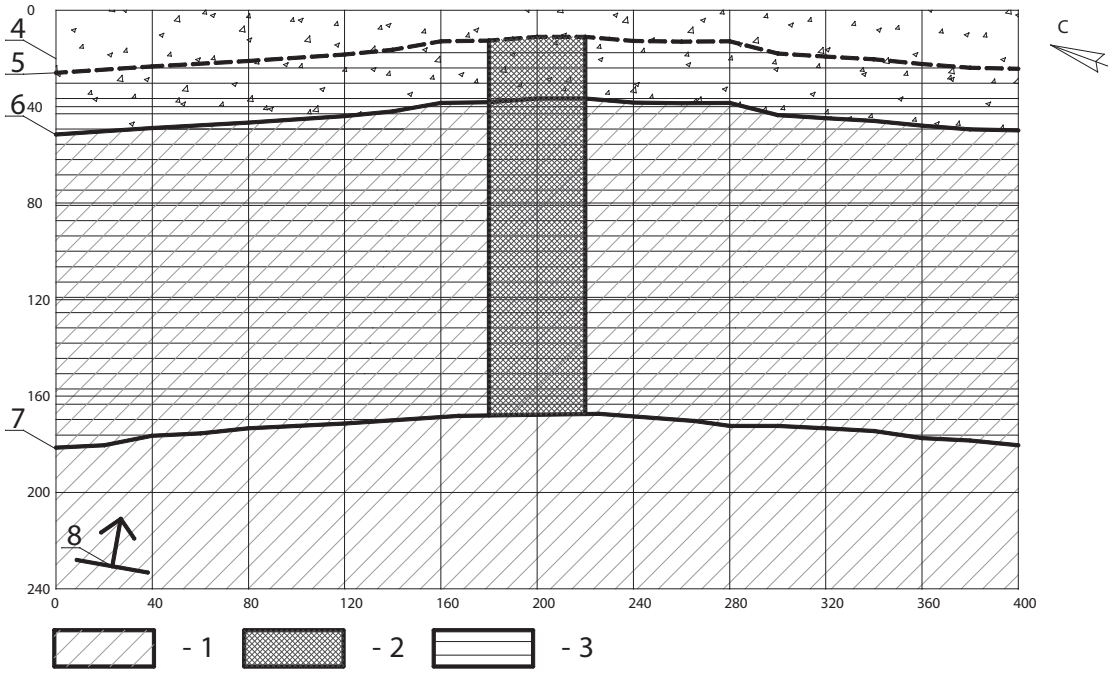


Рис. 2. Расчетные области в цифровой модели местности: *1* – 1-я расчетная область (мелководная зона); *2* – 2-я расчетная область (по поперечникам); *3* – 3-я расчетная область (прибойная зона); *4* – берег; *5* – граница наката волн на берег; *6* – урез воды; *7* – линия первого обрушения волн; *8* – луч исходной волны с высотой *h*, периодом *T* и длиной *λ*

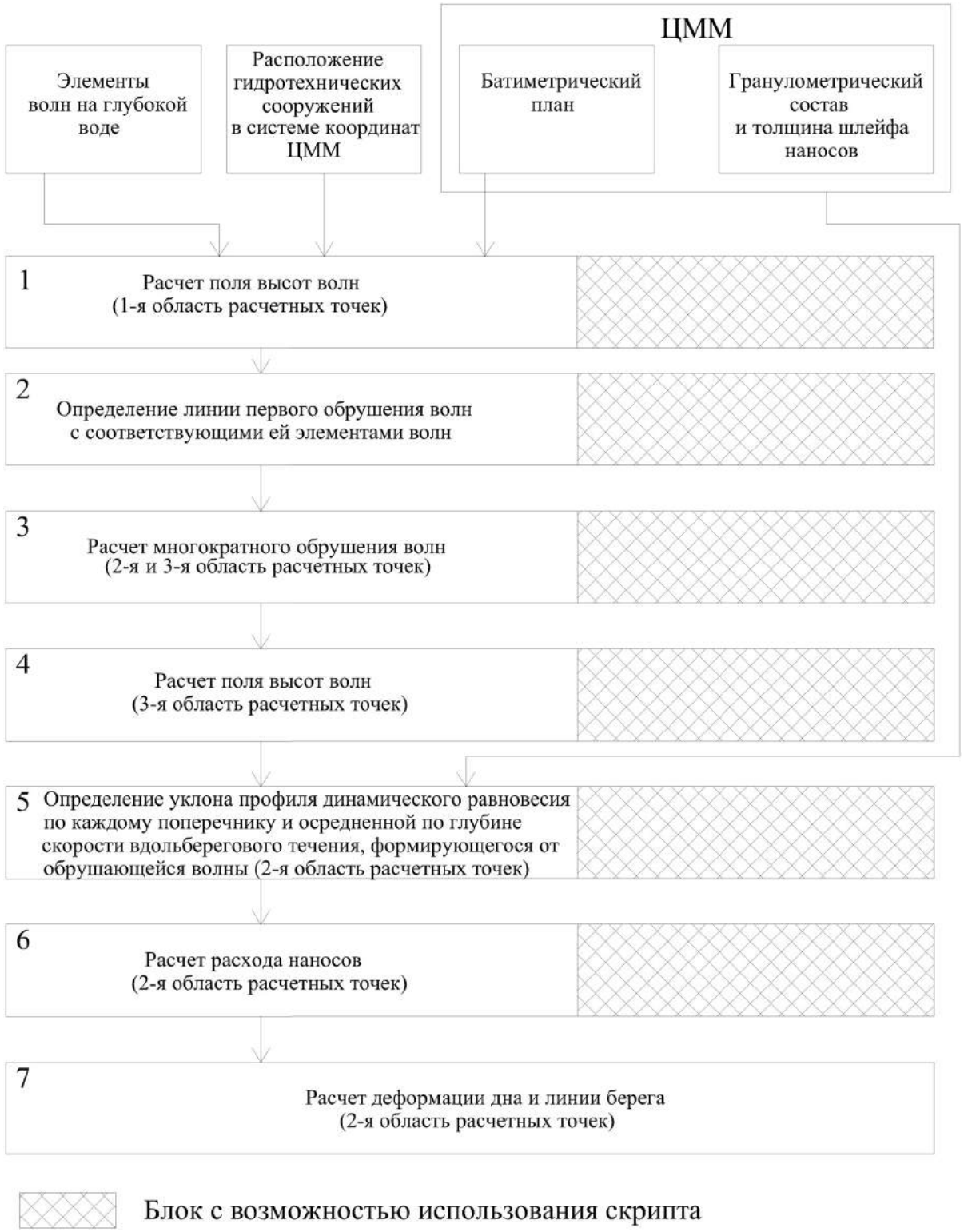


Рис. 3. Блок-схема расчета волн, деформаций дна и линии берега

При установке в программе настройки «выполнять расчет с использованием скриптов», расчет ведется поблочно с использованием или неиспользованием в соответствующих блоках скриптов.

Скрипты должны соответствовать разработанному классификатору, содержащему наименование переменных для соответствующих параметров и различных флагов для описания функций и типа расчетов (для указания соответствующей расчетной области).

Каждая расчетная функция в скрипте описывается названием, формулой в виде текстовой записи, количеством входящих в нее переменных, списком переменных в соответствии с классификатором и флагом, определяющим расчетную область.

Формулы распознаются системой символьного преобразования формул и выполняются в режиме интерпретатора. Формулы из скрипта выполняются дольше, чем формулы программы (в скомпилированной части), но для поставленной задачи этим можно пренебречь, к тому же при нынешнем уровне персональных компьютеров разница в скорости будет не столь заметна. После отладки и апробации скрипта разработчик может включить код скрипта в программный код ПК с незначительными правками, выраженными в различном синтаксисе программного кода и скрипта.

Благодаря описанному выше способу построения программных комплексов по расчету гидро- и литодинамики прибрежной зоны морей, появляется возможность нарабатывать библиотеки скриптов пользователями и разработчиком с дальнейшим совершенствованием ПК. Также пользователь может более гибко использовать ПК, добавляя в отдельные формулы различные эмпирические коэффициенты. Таким образом, производя более гибкую калибровку модели из скрипта. Аналогично этому разработчик ПК получает более гибкий инструмент для отладки расчетной части ПК, т.к. имея набор скриптов, проще многовариантно изменить копию скрипта и выполнить расчет, не меняя программного кода с перекомпилированием программы. Безусловно, удобнее сделать эту работу, используя простой текстовый редактор на любом ПК, чем применять отдельную среду разработки.

Таким образом, получаем программу-оболочку с возможностью точнее производить калибровку отдельных расчетных блоков по результатам гидравлического моделирования и набором скриптов с различными расчетными моделями. В настоящее время ведется отладка блока для расчета скорости вдольберегового течения и транспорта наносов с использованием скриптов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программный комплекс "Gidrotehnika" для оценки влияния продольных гидротехнических сооружений на гидро- и литодинамику прибрежной зоны // Строительство в прибрежных курортных регионах: мат-лы 2-й науч.-практ. конф. (г. Сочи, 22–25 апр. 2003 г.). Сочи, 2003. С. 17–18.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА БЕРЕГОВ СЕВАСТОПОЛЯ МЕЖДУ М. ЛУКУЛЛ И М. САРЫЧ (по материалам разновременных исследований)

И.В. Агаркова-Лях
Институт природно-технических систем, г. Севастополь
iva_crimea@mail.ru

Береговая зона Севастополя протянулась почти на 158 км от м. Лукулл (на севере) до м. Сарыч (на юге). Она активно вовлечена в хозяйственную деятельность, рекреацию и туризм. Однако ее современное состояние и динамика береговых процессов создают ряд проблем для существующей приморской селитебной застройки, функционирования объектов туристической инфраструктуры и организации работы пляжей в летний сезон.

В качестве основных источников информации использовались фондовые материалы Института минеральных ресурсов, Крымской гидрогеологической экспедиции (КГГЭ), ГГП «Крымгеология» и опубликованные работы.

Берега Севастополя развиваются в различных тектонических, геолого-геоморфологических и гидродинамических условиях. Отличия между ними наиболее ярко выражаются в литологическом составе слагающих их пород и связанной с ним противоабразионной устойчивостью берегов, а также характере и интенсивности проявления береговых процессов. По этим признакам береговая зона от м. Лукулл до м. Сарыч была разделена на четыре участка:

1) от м. Лукулл до м. Константиновский;
2) от м. Константиновский до м. Виноградный;
3) от м. Виноградный до м. Айя;
4) от м. Айя до м. Сарыч [Агаркова-Лях, 2007; 2017].

Скорости отступания берегов учитывают вклад всего многообразия развивающихся в береговой зоне процессов: размыва и абразии, обвалов, оползней, эрозии и т.д., – которые мы использовали в качестве основного критерия оценки многолетней динамики берегов.

Участок берега между мысами Лукулл и Константиновский отступает практически на всем своем протяжении. Для него характерны наибольшие скорости размыва в Севастопольском регионе, что обусловлено в первую очередь податливостью его берегов по отношению к абразии (табл. 1). Среди береговых процессов здесь развиты размыв, оползни и обвалы, оседание грунта, суффозия и эрозия.

Таблица 1. Скорости береговых процессов между м. Лукулл и м. Константиновский

Участок / Автор, год	Средняя (максимальная) скорость береговых процессов, м/год					
	По: [Шуйский, 1974[1]; 1979[2]]	По: [Изучение оползней … 1983]	По: [Разработка… 1985]	По: [Изучение условий … 1993]	По: [Луговой, 2016]	По: [Долотов и др., 2017]
м. Лукулл – м. Константиновский						
м. Лукулл, м. Маргопуло	0,1–0,2[1]					
Север с. Андреевка, с. Андреевка		3,0				
Между м. Лукулл и устьем Качи	1,0–1,2 (2,0)[1]					
Севернее и южнее пгт. Кача	1,0–1,2 (2,0)[1]	0,6	0,4			
В 1 км севернее и в 1 км южнее устья Качи		3,0				
Устье Качи		3,0			5,0	
Между устьями Качи и Бельбека			1,0–2,0; 0,65	1,3		
Устье Качи – м. Константиновский	1,5[2]					
Пос. Любимовка	2,0–2,5[1]					1,4 (4,0)
Устье Бельбека		1,0				
Южнее устья Бельбека		0,7				
Пос. Учкуевка			0,2–0,5 (1,0)			

Примечание: индексы ([1, 2]) указывают на соотношение года издания и числовых обозначений в таблице.

На остальных участках, выделенных между м. Константиновский и м. Сарыч, скорости береговых процессов на один-три порядка ниже (табл. 2), чем на первом участке, за счет их высокой противоабразионной устойчивости. На участке между м. Константиновский и м. Виноградный береговые процессы представлены абразией, обвалами, оползнями и карстом. На участке между м. Виноградный и м. Айя развиваются абразионные и карстово-суффозионные процессы. Между м. Айя и м. Сарыч доминируют денудация, оползни, обвалы и осыпи; на берегах из малопрочных горных пород – размыв, оползни, эрозия, сели, обвалы и осыпи.

Немаловажную роль в разрушении берегов играет и антропогенная деятельность, выражающаяся в нерегулируемой застройке побережья, увеличивающей нагрузку на прибрежную зону; формах хозяйствования, активизирующих экзогенные процессы вследствие подрезки и перегрузки неустойчивых склонов, сбросов в море канализационных сточных вод и др.

Таким образом, участком в границах Севастополя, где сохраняется регулярная и самая высокая активность береговых процессов на протяжении последних пятидесяти лет, является берег между м. Лукулл и м. Константиновский. Берега между м. Константиновский и м. Сарыч следует рассматривать с позиции потенциальной возможности протекания опасных береговых процессов, так как их скорости остаются незначительными в многолетнем аспекте, но могут выражаться экстремальными показателями.

Таблица 2. Скорости береговых процессов между м. Константиновский и м. Сарыч

Участок / Автор, год	Средняя (максимальная) скорость береговых процессов, м/год					
	По: [Зенкович, 1958]	По: [Штенгелов, 1970]	По: [Шуйский, 1974[1], 1986[3], 2000[4]]	По: [Изучение оползней … 1983]	По: [Разработка … 1985]	По: [Составить кадастр … 1988]
м. Константиновский – м. Виноградный						
Гераклейский п-ов	0,01–0,015		0,05–0,2 (0,5)[1,4]		0,25	
Бухты Омега и Казачья				0		
м. Виноградный – м. Айя						
В 2 км западнее м. Фиолент, м. Фиолент, выс. Кая-Баш, окрестности Балаклавы, м. Айя				0		
Южный берег		0,001–0,002	0,001–0,005 [3,4]			
Пляжи «Золотой» и «Серебряный»			0,2–2,5[4]		0–0,07	
м. Айя – м. Сарыч						
Бухта Ласпи					0–0,07	
м. Сарыч, глыбовые навалы известняков	0		0,01[1]	0		0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаркова-Лях И.В. Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности ее антропогенного преобразования // Культура народов Причерноморья. 2007. № 118. С. 7–13.
2. Агаркова-Лях И.В. Развитие экзогенных геологических процессов в береговой зоне Крыма от м. Лукулл до м. Константиновский // Системы контроля окружающей среды. Вып. 10 (30). Севастополь: ИПТС, 2017. С. 58–67.
3. Долотов В.В., Горячкин Ю.Н., Долотов А.В. Статистический анализ изменений береговой линии пляжа поселка Любимовка // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. № 1. С. 40–47.
4. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Чёрного моря. В 2 т. Т. 1. М.: АН СССР, 1958.
5. Изучение оползней Крымской области за 1976–1980 гг. и 1981–1982 гг.: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция; исполн. И.Ф. Ерыш. Симферополь, 1983.
6. Изучение условий развития экзогенных геологических процессов береговой зоны Крымского полуострова: отчет / ГГП «Крымгеология»; исполн. Ю.П. Лукьянов. Симферополь, 1993.
7. Луговой Н.Н. Современное состояние морских берегов Севастополя // Теория и методы современной геоморфологии: мат-лы XXXV пленума геоморфологической комиссии РАН. Т. 1. Симферополь, 2016. С. 241–245.
8. Разработка методических основ моделирования карста и абразии в Крыму. Т. 3. Текст: отчет / Институт минеральных ресурсов. Симферополь, 1985. 167 с.
9. Составить кадастр надводной части берегов Крыма применительно к масштабу 1:200 000: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция, Институт минеральных ресурсов; отв. исполн. О.С. Романюк. Симферополь, 1988.
10. Штенгелов Е.С. С какой скоростью отступает обрыв Южного берега Крыма? // Природа. 1970. № 8. С. 23–29.
11. Шуйский Ю.Д. Процессы и скорости абразии на украинских берегах Чёрного и Азовского морей // Известия АН СССР. Сер. «География». 1974. № 6. С.108–117.
12. Шуйский Ю.Д. Питание обломочным материалом северо-западного и крымского районов шельфа Черного моря // Исследование динамики рельефа морских побережий. М.: Наука,1979. С. 89–97.
13. Шуйский Ю.Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 240 с.
14. Шуйський Ю.Д. Типи берегів Світового океану. Одеса: Астропринт, 2000. 480 с.

РАЗРУШЕНИЕ ЛЬДИСТЫХ БЕРЕГОВ МЕЛКОВОДНЫХ АКВАТОРИЙ (на примере залива Крузенштерна, Западный Ямал)

А.В. Баранская
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
alisa.baranskaya@yandex.ru

Залив Крузенштерна на западном Ямале – закрытая акватория, защищенная от воздействия волн Карского моря островами Шараповы Кошки. Несмотря на это, термоабразионные сегменты берегов залива обладают хорошей морфологической выраженностью: крутым уступом (до 70–80°), отвесной стенкой, узким пляжем.

Рельеф подрезаемых уступом поверхностей представлен сочетанием нескольких высотных уровней. Наиболее высокий из них представлен поверхностями высотой от 20 м до 30–35 м, выходящими к берегу в южной части участка к югу от фактории Мордыяха и в районе мыса Ясаля. Поверхности расчленены многочисленными термоэрозионными оврагами, осложнены термокарстовыми озерами и аласами. В разрезе береговых уступов этих поверхностей вскрываются две основные толщи: верхняя, представленная переслаивающимися бурыми тяжелыми алевритами и плохо отмытыми тонкозернистыми темно-серыми песками озерно-аллювиального генезиса, и нижняя, сложенная оскольчатыми неслоистыми сизыми и сизо-серыми глинами, вскрывающимися в нижней части обрывов не выше 2–3 м над у.м.

К нижней толще часто приурочены пласты подземных льдов, выходы которых имеют широкое распространение от устья реки Нюдя-Монготаяха до мыса Ясаля. Лед слоистый, с оплавленным верхним контактом, несогласно перекрытым вышележащими слоями глин и песков. Он характеризуется значительной прозрачностью и наличием включений пузырьков воздуха. В вышележащих глинах наблюдаются многочисленные шлиры льда, толщиной до 2 см, образующие неполнорешетчатые криогенные текстуры. Длина самих выходов льдов составляет до 20–30 м, а видимая мощность – до 2 м, что позволяет отнести их к пластовым.

Льды вскрываются в абразионных нишах, часто с нависающим «козырьком». Выходы пластовых льдов могут быть приуроченными и к основаниям термоцирков до 100–200 м в поперечнике. С пластовыми льдами связаны и участки развития суффозионных процессов: талыми грунтовыми водами над ледяной залежью размывается грунт; в результате разгрузки этих вод на пляже образуются грифоны – участки выхода грунтовых вод, насыщенных песчаным, алевритистым и глинистым материалом.

Таким образом, несмотря на то, что залив Крузенштерна – закрытая акватория, и волновое воздействие на берега незначительно из-за малого разгона волн, процессы термоабразии и термоденудации достигают здесь значительной интенсивности в результате таяния пластовых льдов, повсеместно залегающих в основании береговых обрывов.

Исследование проведено при поддержке проекта РНФ № 17-77-10130.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПОВ ОТСТУПАНИЯ БЕРЕГОВ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Н.Г. Белова[1,2], С.А. Огородов[2], Н.Н. Шабанова[2]
[1] Институт криосферы Земли ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень
[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
nataliya-belova@ya.ru

Берега Карского моря на ⅕ протяженности представлены разрушающимися термоабразионными уступами, сложенными многолетнемёрзлыми породами. Несмотря на то что побережье Карского моря большую часть

года сковано морским льдом, за короткий динамически активный период берега отступают со скоростями, сопоставимыми с таковыми для берегов умеренных широт. И причина в том, что сложенные многолетнемёрзлыми породами берега разрушаются не только под воздействием волн, но и в результате таяния подземного льда, цементирующего дисперсные отложения (процесс термоденудации). Арктические берега чувствительны к климатическим изменениям, т.к. рост летних температур воздуха приводит к более глубокому протаиванию мёрзлых отложений, а увеличение продолжительности безлёдного периода повышает срок волнового воздействия на берег.

На западном Ямале в районе Харасавэйского газоконденсатного месторождения скорости отступания береговых уступов составили в среднем 1,1 м в год (1977–2016 гг.) для 7 км побережья, достигая на отдельных участках среднемноголетних величин в 3,2 м/год. Максимальные скорости отступания характерны для участков берега, сложенных сильнольдистыми отложениями.

Цель работы – установить закономерности отступания берегов Западного Ямала в условиях климатических изменений для периода с 1972 по 2016 г.

На основании анализа разновременных аэрофо- и космоснимков нами получены скорости отступания берегов для четырёх периодов между 1972 и 2016 гг. Данные о скоростях отступания сопоставлены с типом отложений (дисперсностью, льдистостью, наличием залежеобразующих льдов), ходом гидрометеорологических параметров и историей хозяйственного освоения территории Харасавэйского месторождения.

На исследуемом участке берега максимальные скорости отступания наблюдались в период 1977–1988 гг., характеризующийся значительным техногенным воздействием в период начала освоения месторождения и малой гидрометеорологической нагрузкой на берег.

Введение. Берега Карского моря представлены преимущественно аккумулятивными (порядка 40 % протяженности), скальными (около ⅓ протяженности) и термоабразионными (около 20 %) берегами [Васильев и др., 2006; Lantuit et al., 2012]. Средневзвешенная скорость отступания берегов составляет 0,68 м/год [Lantuit et al., 2012], при этом скорости выше в пределах открытых участков побережья (0,8–2 м/год) и ниже в узких заливах (0,2–0,7 м/год для берегов Обской губы и Енисейского залива) [Васильев и др., 2006]. Берега Западного Ямала разрушаются со среднемноголетними скоростями от 0,5 до 2,5 м/год [Васильев и др., 2011; Белова и др., 2018; Novikova et al., 2018]. В районе пос. Харасавэй в конце XX в. наблюдались одни из наиболее высоких среднемноголетних скоростей отступания берега – до 2,5 м/год [Юрьев, 2009; Белова и др., 2017; 2018]. Льдистые многолетнемёрзлые берега разрушаются не только под действием волн, но и за счёт таяния подземного льда при положительных температурах воздуха, что приводит к потере прочности пород и развитию оползней-сплывов, осыпей и других деструктивных рельефообразующих процессов.

Таким образом, наблюдаемые климатические изменения (в частности, рост температуры воздуха) могут ускорить темпы разрушения берегов. Уменьшение площади морских льдов также способствует усилению размыва берегов благодаря увеличению длины разгона волн и росту продолжительности динамически активного периода.

Актуальность исследования динамики берегов района Харасавэйского газоконденсатного месторождения (ГКМ) на севере Западного Ямала определяется также недавним стартом освоения месторождения, проект разработки которого рассчитан на 108 лет [Запуск … 2019].

Район работ. В районе Харасавэйского ГКМ термоабразионные берега распространены на протяжении 9 км между м. Харасавэй на юге и пос. Харасавэй на севере. Береговые уступы высотой 7–12 м сложены дисперсными многолетнемёрзлыми породами: песками, супесями, суглинками. Льдистость пород меняется вдоль побережья, достигая местами 60 % [Баулин и др., 2003; Криосфера … 2006].

Методы исследования. Для выявления факторов, определяющих темпы разрушения берегов, недостаточно анализа данных, осреднённых для длительных временных интервалов или для больших участков побережья. Для исследования пространственно-временной изменчивости темпов отступания были проанализированы разновременные аэрофото- и космоснимки на район работ. В предыдущих публикациях были использованы аэрофотоснимки (АФС) 1977 (21.07.1977) и 1988 (05.08.1988) гг., космоснимки 2006 (ALOS PRIZM 16.07.2006 г., разрешение 2 м) и 2016 гг. (WorldView-2, 15.07.2016 г., разрешение 0,5 м, космоснимки предоставлены фондом ©Digital Globe Foundation) [Белова и др., 2017; 2018]. В этой работе проанализированы также аэрофотосъемки 1972 г., выполненные до открытия месторождения в 1974 г. и до начала первых попыток освоения месторождения. Снимки были ортотрансформированы с использованием ЦМР Tandem-X 90 m и привязывались к наиболее свежему и детальному снимку 2016 г. Скорость отступания определялась по изменению положения в пространстве бровки берегового уступа.

Результаты. В 1972–1977 гг. активно отступал лишь участок берега протяженностью 600 м в 2 км к северу от мыса Харасавэй; для него были характерны скорости 2,5–5 м в год. Для остальной части побережья скорости были незначительны и близки к точности метода. Отдельно рассчитывать скорости для 1972–1977 гг. на

большей части протяженности побережья некорректно, т.к. с учётом разрешения снимков и точности привязки достоверными будут только достаточно значительные скорости (более 2 м/год, что соответствует суммарному отступанию более 10 м в год за указанный период).

Предыдущими работами было установлено, что максимальные скорости на исследованном 9-километровом участке побережья наблюдались в 1977–1988 гг. (максимальная скорость до 6,5 м/год, средневзвешенная для 6,8 км активно отсупающего берега 1,3 м/год). Медленнее берег отступал в 2006–2016 гг. (максимальная скорость до 3,7 м/год, средневзвешенная для 6,8 км активно отсупающего берега 1,2 м/год). Минимальные скорости наблюдались в 1988–2006 гг. (максимальная скорость до 2,3 м/год, средневзвешенная для 6,8 км активно отсупающего берега 0,9 м/год).

Для характеристики гидрометеорологических условий ранее был рассчитан поток ветроволновой энергии и продолжительность безлёдного периода для 1979–2014 гг.; рассчитаны индексы замерзания и таяния для всего периода, охваченного снимками [Белова и др., 2017; 2018]. Максимальные скорости отступания наблюдались в районе Харасавэйского ГКМ в период 1977–1988 гг., когда показатели и волнового, и термического воздействия были на уровне средних величин. В период повышения гидрометеорологического потенциала разрушения берегов (2006–2016 гг.) скорости отступания возросли по сравнению с предыдущим периодом, но не достигли уровня 1977–1988 гг. Усиление размыва в этот период может объясняться как особенностями строения береговой зоны (вскрытие более льдистых отложений), так и начавшимся в середине 1970-х гг. хозяйственным освоением.

На примере района Харасавэйского ГКМ показано, что для берегов Западного Ямала изменения гидрометеорологических параметров (климатические изменения) не прямо пропорциональны темпам разрушения берегов.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-398.2019.5. Анализ метеоданных выполнен в рамках госбюджетной темы АААА-А16-116032810055-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баулин В.В., Дубиков Г.И., Аксенов В.И. и др. Геокриологические условия Харасавэйского и Крузенштерновского газоконденсатных месторождений (полуостров Ямал). М.: ГЕОС, 2003. 180 с.

Белова Н.Г., Шабанова Н.Н., Огородов С.А. и др. Динамика термоабразионных берегов Карского моря в районе мыса Харасавэй (Западный Ямал) // Криосфера Земли. 2017. 21(6). С. 85–96. URL: http://dx.doi.org/10.21782/KZ1560–7496-2017–6(85–96) (дата обращения: 26.04.2019).

Белова Н.Г., Шабанова Н.Н., Огородов С.А. и др. Разрушение морских берегов в районе Харасавэйского ГКМ, Западный Ямал // Мат-лы Рос. нефтегазовой технической конференции SPE-2018, (г. Москва, 15–17 окт. 2018 г.). URL: http://dx.doi.org/10.2118/191727–18RPTC-RU (дата обращения: 26.04.2019).

Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Черкашев Г.А., Ванштейн Б.Г. Динамика берегов Карского моря // Криосфера Земли. 2006.10(2). С. 56–67.

Васильев А.А., Широков Р.С., Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д. Динамика морских берегов Западного Ямала // Криосфера Земли. 2011. 15(4). С. 72–75.

Запуск освоения Харасавэйского месторождения. 20.03.2019. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/copy/60113 (дата обращения: 26.04.2019).

Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал. Т. 1. Криосфера Харасавэйского газоконденсатного месторождения. Тюмень: ООО «ТюменНИИгипрогаз»; СПб.: Недра, 2006. 346 с.

Юрьев И.В. Проблемы эксплуатации объектов газового комплекса в береговой зоне Западного Ямала // Криосфера Земли. 2009. 13(1). С. 46–54.

Lantuit H., Overduin P.P., Couture N. et al. The Arctic Coastal Dynamics database: A new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines // Estuaries and Coasts. 2012. No. 35. P. 383–400. URL: http://dx.doi.org/10.1007/s12237–010-9362–6 (дата обращения: 23.05.2019).

Novikova A., Belova N., Baranskaya A. et al. Dynamics of Permafrost Coasts of Baydaratskaya Bay (Kara Sea) Based on Multi-Temporal Remote Sensing Data // Remote Sensing. 2018. 10(9): 1481. URL: https://doi.org/10.3390/rs10091481 (дата обращения: 23.05.2019).

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БЕРЕГОВ ЖЕБРИЯНСКОЙ БУХТЫ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЖДУ МЫСОМ БОЛЬШОЙ ФОНТАН И ДЕЛЬТОЙ ДУНАЯ

Г.В. Выхованец, Л.В. Орган
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса, Украина
physgeo_onu@ukr.net

Береговая зона любого морского водного бассейна, какой бы длины она ни была, распадается на отдельные природные системы, или литодинамические ячейки. В пределах этих ячеек действуют седиментационные потоки, характеристики которых зависят главным образом от направления и напряженности волнового поля и баланса наносов в береговой зоне [Шуйский и др., 2010].

Одной из таких литодинамических ячеек является Северо-западная на северном побережье Чёрного моря, между м. Большой Фонтан и устьем Дуная. За последние 20–30 лет эта ячейка подвергается активному антропогенному влиянию, уже давно направленному в основном на уменьшение запасов наносов в береговой зоне. К тому же она испытала сильное изменение надводного и подводного рельефа по всей своей протяженности. Это привело к изменению соотношения запасов наносов и энергетического потенциала береговой зоны и, как следствие, – к активизации деструктивных процессов: к абразии клифов и бенчей, оползневым процессам, размыву аккумулятивных форм [Выхованец, Панкратенкова, 2018].

Индикатором динамического состояния этой ячейки в значительной мере является Жебриянская бухта, в которой происходит окончательная разгрузка вдольберегового потока наносов, идущего от м. Большой Фонтан. Здесь, на конечном отрезке берега, длиной 6–8 км, проявляется кумулятивный эффект всех естественных природных процессов и антропогенной деятельности, что находит отражение в морфологии и динамике береговой зоны, ее надводного и подводного рельефа. Связующим звеном всех процессов в литодинамической ячейке как раз и выступает вдольбереговой поток наносов.

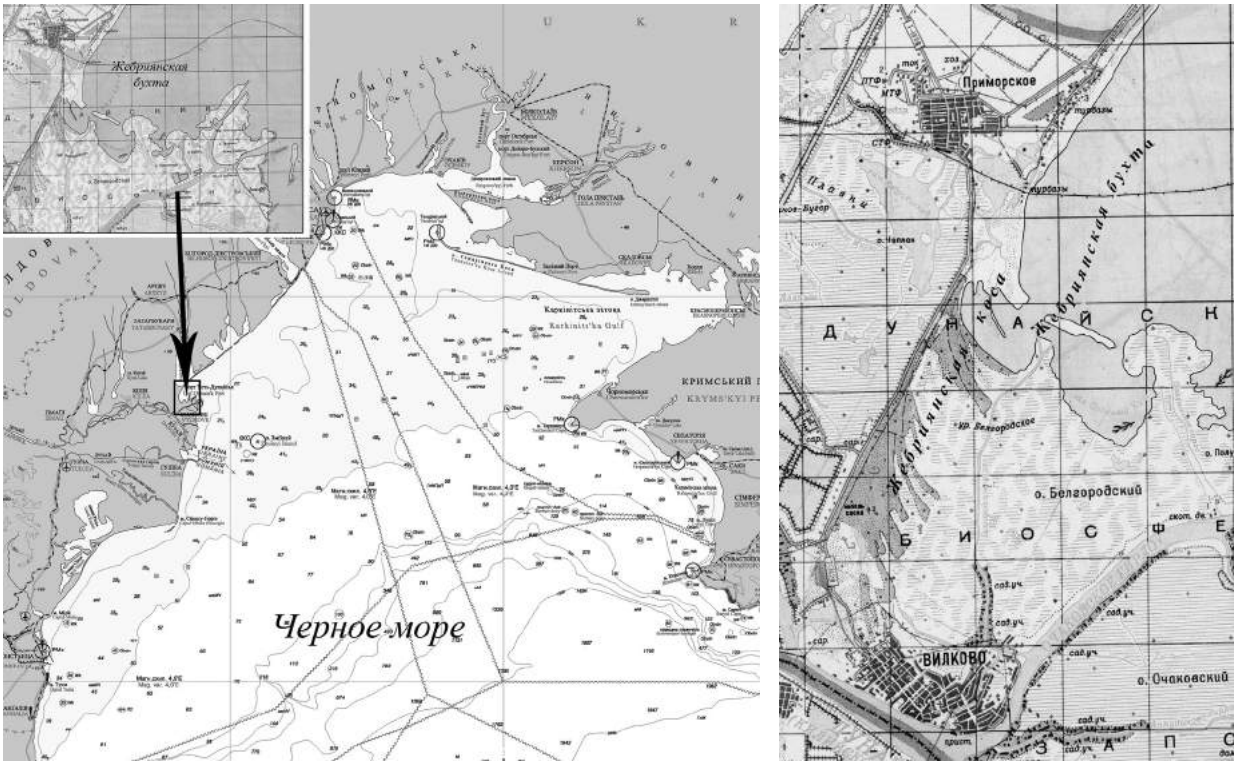
Жебриянская бухта возникла после образования косы, отгораживающей Дунайский залив от моря (рис. 1). До этого времени эта часть береговой зоны была составной частью литодинамической ячейки, простирающейся до южной оконечности современной дельты, где Сулинский рукав Дуная впадал в Чёрное море. В этой ячейке развивался вдольбереговой поток наносов, который проходил транзитом вдоль современного коренного берега бухты. По мере выдвижения в море вновь образующейся Килийской дельты, размеры бухты увеличивались. В настоящее время Жебриянская бухта представляет собой «карман», образованный на стыке коренного берега и выступа Килийской дельты Дуная. В разные годы глубина (врезанность в сушу) этого кармана была различной, а в настоящее время превышает 3 км (рис. 2).

Струя речной воды, прорвавшая косу, стала вести себя как гидравлическая буна и перекрыла зону массового перемещения наносов во вдольбереговом потоке севернее прорыва. Морские волны, встречаясь с речным потоком, разрушались, и, как следствие, уменьшались скорости и наносодвижущая способность волновых прибрежно-морских течений. Уменьшение скоростей течений способствовало выпадению наносов из вдольберегового потока и их аккумуляции на подводном склоне и морском берегу к северу от растущей дельты. Так начала формироваться новая генерация гринду Жебриянской косы. Гранулометрический анализ наносов, отобранных на старых гринду и современной Жебриянской косе, показал, что эти наносы являются идентичными как между собой, так и с наносами на пляжах и подводном склоне Чёрного моря северовосточнее Жебриянской бухты, как показали наши исследования. Следовательно, Жебриянская коса является отражением литодинамического режима Северо-западного потока на участке его полной разгрузки. На эту особенность указывал еще В.П. Зенкович [1958].

Вдольбереговой поток наносов представляет собой алгебраическую сумму двусторонних миграций наносов за год. Направление и величина этих миграций зависит от гидрометеорологического режима, который существенно меняется в пространстве и времени в разных частях литодинамической ячейки [Шуйский и др., 2014]. Изменчивость поступления и миграций наносов приводит к тому, что на участок разгрузки потока в разные годы приходится разное количество наносов, что непременно сказывается на морфологии и динамике аккумулятивных форм, изменении уклонов и скорости выдвижения подводного склона моря.

Одним из главнейших индикаторов в данной литодинамической ячейке является морфология Жебриянской косы. Анализ топографических карт и космоснимков показал, что современная Жебриянская коса состоит из четырех генераций, отличающиеся друг от друга площадью поверхности и высотой, а также раз-

мерами водного пространства, разделяющего их (рис. 2). В начале прорыва наносы откладывались у развилки Килийского и Очаковского гирл и формировали аккумулятивную террасу. Ее продвижению на восток препятствовала струя воды из Очаковского гирла. Затем по мере выдвижения оконечности Потаповского гирла механизм формирования косы сменился и был аналогичным тому, как формируются косы в глубоко вдающихся в сушу заливах, но при одностороннем питании наносами.



а б

Рис. 1. Географическое положение (а) и морфология (б) берегов Жебриянской косы

Как видно из рисунка 2, первые две генерации являются самыми большими по площади, а наиболее разветвленная на гринду – вторая. Две последующие генерации компактнее и меньше первых почти в 3 раза. Разветвленность их комплекса («гринду») указывает на то, что поступление наносов и нарастание косы происходило неравномерно, а уменьшение объемов аккумуляции указывает на уменьшение количества наносов, поступающих на участок разгрузки.

О неравномерности поступления наносов на участок разгрузки потока говорит нам также и морфология и динамика Жебриянской террасы. Жебриянская терраса сформировалась северо-восточнее косы, у подножья невысокого (от 0,8 до 3,4 м) отмершего клифа, протянувшегося на 2,25 км в юго-западном направлении от корневой части Сасыкской пересыпи до точки, где береговая линия резко, почти на 90° разворачивается в западном направлении в сторону суши. Как показали палеогеографические исследования, участок коренного берега, с которым коса была сопряжена, являлся абразионным и смещался в сторону суши. Если берег был абразионным, то, следовательно, ширина пляжа и объем заключенных в нем наносов не превышали размеры тех, которые характерны для современных пляжей у абразионных берегов. Выполненные исследования пляжей в северо-западной части Чёрного моря показали, что их ширина не превышает 20–25 м, а на значительном протяжении берегов чаще всего равна 15 м.

Таким образом, ширина пляжей к юго-западу от Сасыкской пересыпи составляла 20–25 м. Формирование террасы началось значительно позже прорыва Килийского рукава в 1700 г. и начала выдвижения Килийской дельты в море. В настоящее время (июль 2018 г.) ширина террасы достигает 417 м.

Для определения скорости выдвижения террасы были привлечены топографические карты разных лет съемки (1968 и 1982 гг.) и данные нивелирования на стационарном профиле в центральной части за 1987 и 2018 гг. По полученным данным были составлены графики (рис. 2).

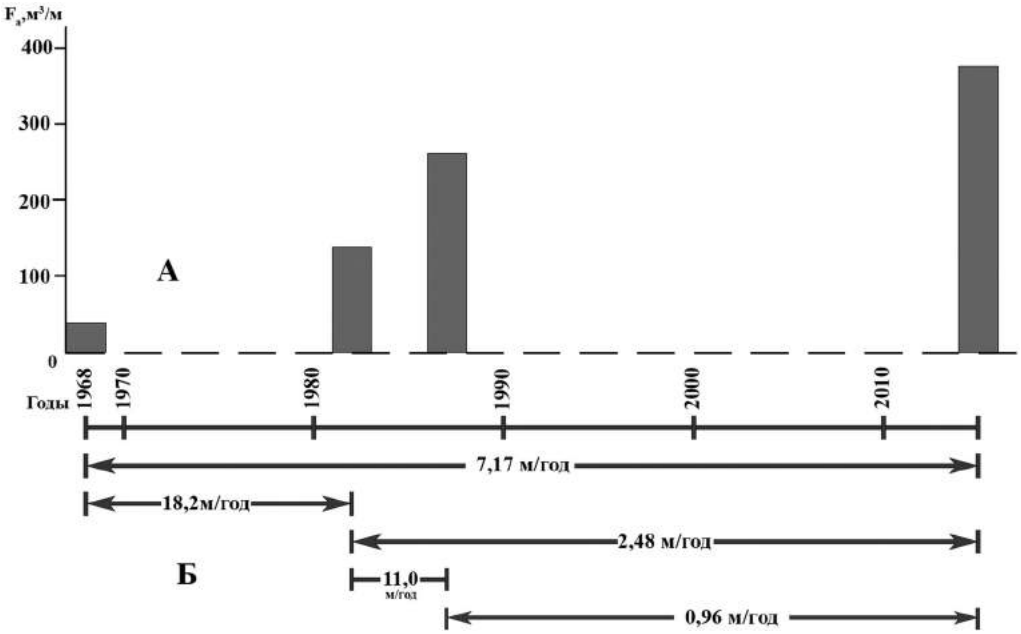


Рис. 2. Скорости увеличения объема наносов (А) и выдвижения береговой линии (Б) Жебриянской террасы за разные периоды с 1968 по 2018 г.

Из графика рис. 2Б видно, что с 1968 по 2018 г. терраса выдвигалась в море со средней скоростью 7,17 м/год. Максимальные скорости нарастания берега зафиксированы с 1968 по 1982 г. и составляли 18,2 м/год. С 1982 г. началось уменьшение скоростей и на период 1982–1987 гг. они уже составляли 11 м/год. С 1987 г. скорости резко замедлились до 0,96 м/год. Следует отметить, что на других участках террасы скорости выдвижения могут незначительно отличаться от тех, что на графике, но тенденции сохраняются те же.

Замедление процесса аккумуляции вызвано многими причинами, но одной из главных является антропогенная деятельность. Начиная с 1990-х гг. началось активное строительство, которое потребовало значительных объемов песка. Одесская область бедна строительными материалами, особенно песками, и чтобы удовлетворить потребности в них начали снимать верхний слой наносов в эоловой зоне на аккумулятивных формах. Это вызвало резкий дефицит наносов во всей литодинамической системе.

Объемы наносов, заключенных в теле террасы изменялись несколько по-иному, в отличие от скоростей нарастания берега. Максимальные скорости, равные 23,3 м^3/год, зафиксированы в период с 1982 по 1987 г., а минимальные – с 1968 по 1982 (8,81 м^3/год) и с 1987 по 2018 г. (3,99 м^3/год). Разница в скоростях выдвижения береговой линии и нарастания объема наносов, вероятно, связана с действием эоловых процессов, влияющих на высоту террасы. Малое приращение объема наносов при высоких скоростях выдвижения береговой линии обусловлено преобладанием в этот период береговых ветров, которые сдували наносы с поверхности террасы в море и уменьшали запасы наносов. В период высоких скоростей приращения объема наносов действовали ветры от морской стороны горизонта и, наоборот, сдували наносы с поверхности пляжа вглубь террасы, тем самым увеличивая запасы наносов.

В заключение следует отметить, что морфология и динамика аккумулятивных форм Жебриянской бухты свидетельствует о снижении мощности вдольберегового потока в литодинамической ячейке между м. Большой Фонтан и Жебриянской бухтой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выхованец Г.В., Панкратенкова Д.О. Влияние антропогенного фактора на современное состояние аккумулятивных форм рельефа в северо-западной части Чёрного моря // Вісник Одеського нац. університета. Геогр. та геол. науки. 2018. Т. 23. Вип. 1 (32). С. 11–32.
2. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Чёрного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 215 с.
3. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Орган Л.В. Вдольбереговые литодинамические системы в береговой зоне северо-западной части Чёрного моря // Причерноморский экологический бюллетень. 2010. № 1 (35). С. 74–84.
4. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Муркалов А.Б., Гыжко Л.В. Практикум по береговедению // Метод. пособ. для студентов физико-географов. Одесса: Бахва, 2014. 84 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВ БЕРЕГОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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
arhangel-vadim@mail.ru

Своевременное выявление активизации опасных природных процессов в водоохранных зонах (ВЗ), нарушений режима их использования имеет огромное значение для принятия адекватных мер по блокированию и минимизации негативных последствий.

Учитывая протяжённость и особенности природных условий побережья Цимлянского водохранилища осуществление регулярных наблюдений (мониторинга) за состоянием и соблюдением режима использования ВЗ традиционными методами наземных обследований крайне затруднительно.

Берега водохранилищ постоянно находятся под воздействием волн и вдольбереговых течений, которые при разных положениях уровня воды активно перерабатываются. Под влиянием процессов размыва и аккумуляции происходит постоянное формирование типов берегов водохранилищ, зачастую сопровождающееся опасными процессами – абразией, оползнеобразованием и др. [Хабитов и др., 1999].

Цель работы – изучить типы берегов и морфометрических характеристик Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Для этого решались следующие задачи: сформировать базу данных типов берегов Цимлянского водохранилища на основе съемок с БЛА, выделить основные типы берегов Цимлянского водохранилища, определить морфологические и морфометрические характеристики берегов различных типов с использованием инструментария программы Agisoft PhotoScan.

В ходе исследования были собраны и обработаны все доступные научно-исследовательские материалы, собранные в экспедициях РосИНИВХЦ с 2017 по 2018 гг., также во внимание принималась типизация берегов, основанная на материалах Схемы Южгипроводхоза [1982 г.].

Основная часть данных (фотографии) собиралась при помощи БЛА Phantom 4 Pro и в дальнейшем обрабатывалась в программе Agisoft PhotoScan Professional для построения моделей земной поверхности, карт высот и ортофотопланов [Kosolapov et al., 2018; Скрипка и др., 2018]. Проанализировано более 10 000 снимков.

Всего было отснято и обработано около 380 км побережья Цимлянского водохранилища. На полученных ортофотопланах были построены поперечные профиля берега, там, где это было возможно, примерно через каждые 200–300 м. Выделялись участки с активными абразионными и аккумулятивными процессами. По полученным данным были выделены следующие типы берегов: абразионного типа (обвальный, осыпной и оползневой) и аккумулятивные берега, представленные аккумулятивными формами (косы, аккумулятивные мысы, переймы, прислоненные пляжи).

Тип абразионно-обвальных берегов фиксируется на высоких участках правобережья Цимлянского водохранилища и на повышенных участках левобережья, где с водной поверхностью соприкасаются не устойчивые к процессам абразии нескальные породы.

Геологическое строение этого типа берега на всех участках Цимлянского водохранилища однотипно, представлено на большую мощность лессовидными суглинками от 4 до 18 м, алевролитами и глинами. Высота берегов изменяется от 6 до 29 м, но преимущественно высокие –17 м в среднем. Уклон склона крутой и очень крутой 35–50°, в среднем составляет – 37,4°. Пляж часто отсутствует, или ширина его не превышает 5–6 м, имеет небольшой уклон. Ширина абразионной ступени составляет в среднем 13 м

Абразионно-осыпные берега встречаются в верхней части Цимлянского водохранилища, выше г. Калач-на-Дону, а также в районе х. Большенабатовский, п. Саркел. Они характерны для участков, на которых размывается высокая пойма и частично первая надпойменная терраса. Береговые склоны имеют высоту от 4 до 40 м, крутизна – 30–38°, ширина абразионной ступени (м) изменяется от 3 до 48 м. Берега сложены супесями, суглинками и песками, сверху переходящими в бугристые пески. Размывание берегов сопровождается образованием осовов и осыпей и формированием широкого пляжа.

Абразионно-оползневые берега представлены в основном двумя типами: оползни-цирки и фронтальные оползни. Высота берегов, подверженных оползневым процессам, изменяется в довольно широком диапазоне от 11 до 42,6 м, при среднем значении 27,9 м. Склоны этих берегов характеризуются наклоном от крутого (14,78 м) до чрезвычайно крутого (более 30°), средняя крутизна оползневых склонов составляет 23°.

Размеры оползней могут быть разнообразными. Так, периметр оползней может варьироваться от 234 м до 1479 м, в среднем – около 600 м. Площадь оползневого тела может достигать боле 24 000 м^2, но встречаются и небольшие оползни, менее 240 м^2. Ширина захвата оползня составляет на разных участках от 23 до 105 м. Высота стенки отрыва (главного уступа) изменяется у неглубоких оползней от 3 м, у оползней глубокого захвата до 15,4 м.

Аккумулятивные берега на водохранилище развиты в зоне затопления поймы и низких аллювиальных террас. Эти берега чаще всего формируются в устье заливов (убежищ), а также в устьях оврагов и балок. В результате полетов БЛА выявлены следующие формы: аккумулятивные мысы (выступы), косы, переймы, прислоненные пляжи.

Низкие ровные берега затопления получили широкое распространение в береговой зоне Цимлянского водохранилища. Такие берега широко распространены по левобережью порта г. Волгодонска (до х. Харсеев) и далее от х. Красноярский до х. Молокановский, от х. Верхнерубежный до х. Логовский и вверх от х. Логовский.

Затопление возможно на участках с низкими берегами, высотой от 3,8 до 0,2 м, в среднем – 1,2 м, и с покатыми склонами. Берега сложены преимущественно суглинками или толщей, характеризующейся переслаиванием песков и суглинков. Зона пляжа довольно широкая, составляет от 10 до 25 м, в среднем 9,3 м, либо приурезовая зона покрыта густой растительностью.

По данным материалов съемок с БЛА были исследованы морфометрические характеристики основных типов берегов Цимлянского водохранилища. Показано разнообразие, казалась бы, однотипных берегов и их параметров. Доказана возможность использования съёмок с БЛА для мониторинга элементов берегового рельефа.

В ближайшей перспективе планируется использовать материалы банка данных абразионных (обвальных, осыпных, оползневых) и аккумулятивных берегов (аккумулятивные мысы, косы, переймы, прислоненные пляжи) УВЦВР при создании атласа «Типы берегов Цимлянского водохранилища», который поможет оптимизировать мониторинг водоохранных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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, 08–14 окт. 2018 г.). Новочеркасск: ЛИК, 2018. С. 298–305.

2. Хабидов А.Ш., Жиндарев Л.А., Кусковский В.С. и др. Берега морей и внутренних водоемов: актуальные проблемы геологии, геоморфологии и динамики. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 1999. 271 с.

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.

4. Схема улучшения технического состояния и благоустройства Цимлянского водохранилища и его прибрежной полосы / Южгипроводхоз; Ростов н/Д, 1982.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ СИНОПТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ МЕЛКОВОДНЫХ ЗАЛИВОВ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

А.В. Давыдов
Херсонский государственный университет, г. Херсон, Украина
svobodny.polet2012@gmail.com

Введение. Чёрное и Азовское моря представляют собой изолированные внутриконтинентальные бассейны, связанные с Мировым океаном посредством узких проливов и внутренних морей Средиземноморья. Поэтому в их пределах нет значительных приливно-отливных колебаний и волнений, генетически связанных с океаном, а доминирующее рельефообразующее значение имеют кратковременные колебания уровня синоптической

природы, к которым относятся сгонно-нагонные и сейшевые явления, а также штормовые нагоны [Океанографическая энциклопедия … 1974].

Специфика проявления синоптических колебаний в регионе. При развитии и проявлении изучаемых колебаний большое значение имеют такие факторы: гидрометеорологический (скорость, направление и длительность действия ветра, расстояние которое проходит ветер над водой); геоморфологический (форма акватории, конфигурация и высота береговой линии, рельеф и уклоны подводного склона) [Зенкович, 1962].

Гидрометеорологический фактор обуславливает метрические характеристики и сезонную специфичность колебаний. В холодный период года, в регионе доминируют ветра северного, северо-восточного и восточного направлений, которые обуславливают сгонные явления на большей части берегов мелководных заливов, за исключением районов западной и юго-западной части Азовского моря. В теплый период года доминирующими ветрами являются южные, юго-западные, западные и юго-восточные, они проявляются как нагонные по отношению к большей части береговых линий [Гидрометеорологические условия … 2012].

В геоморфологическом отношении мелководные заливы региона подразделяются на четыре группы:

а) заливы, которые сужаются к вершине и имеют высоту берега до 1,5 м; б) заливы, которые суживаются, с высотами берега более 1,5 м; в) заливы округлой формы, с высотами до 1,5 м; г) округлые заливы, с высотами более 1,5 м. Высота штормовых нагонов и их глубина проникновения в пределы прилегающей суши находятся в прямой зависимости от их геоморфологических условий. Максимальные по высоте нагоны характерны для заливов, которые суживаются к вершине и имеют берега с высотами более 1,5 м. В это же время максимальная глубина проникновения нагонных вод характерна для заливов с очень низкими берегами [Давидов, 2017].

Общая характеристика синоптических колебаний уровня в регионе. В пределах мелководных заливов изучаемых морей наибольшие по амплитуде колебания уровня проявляются в пределах Каркинитского (северо-западная часть Черного моря) [Горячкин, Иванов, 2006] и Таганрогского заливов (северо-восточная часть Азовского моря) [Дьяков, Фомин, 2002].

В отдельные годы при особо сильных штормовых нагонах уровень водной поверхности в Каркинитском заливе может увеличиваться на 310 см (2003 г.) [Давыдов, 2006], а при сгонах снижаться на 135 см (1938 г.) [Каталог наблюдений … 1990], соответственно амплитуда колебаний составляет 445 см. В пределах Таганрогского залива максимальный нагонный уровень достигал 210 см (1970 г.), минимальный – 399 см (1960 г.), при этом амплитуда составляла 609 см [Дьяков, Фомин, 2002].

Статистический анализ материалов кратковременных колебаний уровня позволил определить их закономерность повторения во времени. Незначительные нагонные поднятия высотой до 0,5 м, проявляются от 5 до 8 раз в год. Умеренные подъемы уровня, высотой от 0,5 до 1,0 м, фиксируются не чаще чем один раз в год. Сильные нагоны высотой от 1,0 до 1,5 м имеют место один раз в 5–6 лет. Штормовые нагоны с высотой от 1,5 до 2,5 м, регистрируются один раз в 12–15 лет. Катастрофические нагоны с высотой более 2,5 м проявляются в среднем один раз в 40–50 лет [Котовский, 1991; Давидов, 2004].

Явления катастрофических сгонов в регионе Черного и Азовского морей описывались еще со времен Античности и Средневековья, однако первые количественные характеристики были получены лишь в конце XIX в. [Руммель, 1896]. Следует отметить, что сгонные явления имеют значительную продолжительность и распространение, однако их рельефообразующее значение ниже, чем у нагонов.

В пределах мелководных заливов Черного моря минимальный уровень был зафиксирован в Егорлыцком заливе и составлял – 1,35 м ниже ординара [Черняков, 1995]. В регионе Азовского моря явления сгонов имеют более значительные отметки и могут превышать 1,5 м, а иногда и более 2,0 м. Минимальный уровень был зарегистрирован в пределах Таганрогского залива и составлял (–3,99) м [Дьяков, Фомин, 2002].

Катастрофические сгоны, с отметками более 1,0 м, обусловленные действием длительных береговых ветров со скоростью более 20 м/с, проявляются не чаще одного раза в 35–40 лет. Снижения уровня в пределах от 0,6 до 1,0 м регистрируются не чаще 1 раз в 20 лет, сгонные явления с отметками 0,4–0,6 м фиксируются один раз в 5–6 лет, а с отметками до 0,4 м ежегодно [Котовский, 1991; Давыдов, 2006].

Хронология и общая характеристика наиболее сильных штормовых нагонов в регионе за последние 40 лет. Наиболее опасными синоптическими колебаниями являются штормовые нагоны, представляющие собой быстрые катастрофические подъёмы уровня моря, обусловленные одновременным действием ураганного ветра, сейшевых колебаний, и в некоторых случаях руслового потока рек [Совершаев, 1989].

В ноябре 1981 г. над акваторией Джарылгачского залива прошел мощный ураган, который спровоцировал подъем уровня на высоту более 1,5 м. Во время данного штормового нагона были затоплены низменные прибрежные территории на расстоянии 300–500 м от уреза, а также все искусственные пляжи г. Скадовска. Интересен факт, что волновой заплеск проявился в пределах городской набережной, расположенной на поверхности участка коренного берега высотой около 2,0 м. Продолжительность нагона была около 16 ч, при этом коса Джарылгач на несколько часов оказалось под водой [Котовский, 1991].

В марте 1997 г. очень мощный штормовой нагон произошел в восточной части Джарылгачского залива, при этом наиболее высокий уровень проявился в районе Каланчакского лимана и Каржинского залива. Данное явление привело к проникновению морских вод в пределы низменных участков берега, на расстоянии от 300 до 1000 м. При последующем геоморфологическом профилировании поверхности п-ва Карабай (Дангельтип), плавника была зафиксирована на высоте 2,83 м над урезом [Давидов, 1999].

Один из наиболее катастрофических штормовых нагонов произошел в пределах Каркинитского залива в октябре 2003 г. Причиной возникновения данного опасного явления стало одновременное проявление ураганного ветра и существенное снижение атмосферного давления, скорость ветра достигла 30 м/с, с порывами до 35 м/с, а давление составляло 736 мм рт. ст. Штормовой нагон характеризовался незначительным временем проявления, начавшись около 15:30, оно пошло на спад к 22:00, при этом в течение нескольких часов коса Джарылгач была частично затоплена. Высота нагонного уровня увеличивалась в восточном направлении от 1,0 м в береговой зоне Железного Порта до 3,1 м в районе полуострова Горький Кут [Давидов, 2006].

Катастрофический нагон был зарегистрирован в районе Бакальской косы в октябре 2005 г., его проявление было обусловлено действием мощного западного ветра, который нагнал в вершину Каркинитского залива огромные массы воды. Высота нагонного подъема уровня находилась в пределах от 2,5 до 3,0 м, в результате были затоплены прибрежные участки поселков Стерегущий и Портовое, а Бакальская коса острова оказалась на несколько часов затопленной [Горячкин, Иванов, 2006].

11 ноября 2007 г. в пределах северного побережья Азовского моря, между косами Бердянская и Обиточная, произошел катастрофический штормовой нагон. Возникновение данного явления было обусловлено действием южного ветра, со скоростью 32–34 м/с, при этом величина атмосферного давления снизилась до 737 мм/рт. ст. Высота нагонного уровня находилась в пределах от 1,0 до 1,5 м, высота волн в районе центрального пляжа достигала 2,5 м, а волновой всплеск в районе оградительного сооружения набережной Бердянска превышал 8 м. Особенностью данного нагона является очень короткое время проявления, общая длительность явления около 6 ч, из которых всего 20–25 мин. высота подъема достигала максимального уровня. Во время данного нагона была затоплена центральная часть г. Бердянска, тела кос Бердянская и Обиточная были частично затоплены, а в узких местах переплескивались [Давидов, Роскос, 2009].

В апреле 2012 г. сильный ветровой нагон, обусловленный действием юго-западного ветра в течение четырех дней, происходил в Егорлыцком заливе. Высота данного нагона не превышала 1,0 м, но учитывая специфику берегов залива, нагонные воды проникли в пределы суши на расстояние от 300 до 1200 м. Во время этого нагона значительное количество морской воды попало в пределы вторичных мелководных заливов-озер, расположенных в теле Кинбурнского полуострова.

26 мая 2018 г. в Утлюкском лимане был зафиксирован нагон, высотой 1,16 м, во время которого была частично затоплена Федотова коса, искусственный пляж г. Геническа и низменная область пролива Тонкий. Причиной данного явления был восточный ветер, силой 20–25 м/с, с порывами до 30 м/с, проявление которого отмечалось в течение 2 дней над всей акваторией Азовского моря.

Вывод. Кратковременные не периодические колебания уровня синоптической природы, являются важнейшим рельефообразующим фактором развития береговой зоны Черного и Азовского морей. Данные явления проявляются с определенной цикличностью, которая для нагонов и сгонов разной силы может иметь разные временные отрезки: от одного года до полстолетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1: Азовское море / МЧС и НАН Украины, Морское отделение УкрНИГМИ. Севастополь, 2009. 400 с.
2. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 2: Черное море / Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н., Дьяков Н.Н., Кубряков А.А., Станичный С.В.; МЧС и НАН Украины, Морское отделение УкрНИГМИ. Севастополь, 2012. 421 с.
3. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 210 с.
4. Давидов О.В. Структура та природоохоронне значення вітроприсушних берегів на Чорному морі: автореф. дис. … ступ. канд. геогр. наук. Херсон: ХДУ, 2004. 20с.
5. Давидов О.В. Фізико-географічні особливості берегів з вітровою присухою на Чорному морі // Вісн. ОДУ. Геол. та географ. науки. 1999. Т. 4. Вип. 5. С. 76–80.
6. Давидов О.В., Роскос О.М. Причини та наслідки штормового нагону в береговій зоні Бердянської затоки 11 листопада 2007 року // Фальцфейнівські читання. Зб. наук. праць. Херсон: ПП Вишемирський, 2009. С. 74–82.

7. Давыдов А.В. Влияние штормовых нагонов на развитие берегов с ветровой осушкой // Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2006. Вип. 2. С. 16–18.
8. Давидов О.В. та ін. Аналіз тектонічної зумовленості геоморфологічних умов берегової зони Херсонської області. // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки». 2017. Вип. 6. С. 134–140.
9. Дьяков Н.Н., Фомин В.В. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря // Тр. УкрНИГМИ, 2002. С. 332–341.
10. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
11. Каталог наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей. Севастополь, СО ГОИН, 1990. 269 с.
12. Котовский И.Н. Морфология и динамика берегов Чорного моря в пределах Херсонской области УССР: автореф. дис. … канд. геогр. наук. К.: Инст. географии АН Украины, 1991. 19 с.
13. Океанографическая энциклопедия / [отв. ред. Р.М. Деменицкая]. Л.: Гидрометиздат, 1974. 631 с.
14. Руммель В.Ю. Джарылгачский залив // Тр. Комитета по устройству коммерческих портов. 1896. Вып. 28. С. 5–118.
15. Совершаев В.А. Расчет суммарной волновой энергии при штормовых нагонах // Теоретические проблемы развития морских берегов: сб. н. тр. / [под ред. Ю.П. Хрусталева, Ю.В. Артюхина, Е.И. Игнатова]. М.: Наука, 1989. С. 28–33.
16. 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. 23 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ ЛИНИИ БЕРЕГА НА ИСТОРИЧЕСКИХ КАРТАХ ДЛЯ БЕРЕГОВ ЮЖНОЙ БАЛТИКИ

М.В. Дробиз[1], Б.В. Чубаренко[2]
[1]АО «Балтийское аэрогеодезическое предприятие», г. Калининград; ce@baltagp.ru
[2] Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва; chuboris@mail.ru

На примере двух участков берега Южной Балтики – Калининградской области РФ и района Померанского залива, в приграничном районе Германии и Польши, – выполнено обсуждение методик определения отступания линии берега. Исходный картографический материал (1833–1939 гг.) взят из архивов Государственной библиотеки г. Берлина. Сравнительный анализ показал схожесть методов работы с картографическим материалом для рассмотренных районов. Для российского берега Балтийского моря обоснована погрешность в определении линии берега на основе исходных картографических данных разных лет. Выводы об отступании берега для территории Калининградской области успешно сравнены с результатами анализа его современной динамики (2002–2017 гг.), полученными на основе ежегодного берегового мониторинга АО ИО РАН.

Наличие архивного картографического материала (номенклатурные листы топографической карты «Пре-Месстишблатт» 1833–1834, 1859–1860 гг. и «Месстишблатт» 1910–1939 гг. издания масштаба 1:25 000, полученные из отдела Прусского наследия Государственной библиотеки г. Берлин (Staatsbibliothek zu Berlin) и из открытых источников) позволило специалистам АО «Балт АГП» получить с помощью современных геоинформационных технологий данные о береговых процессах на территории Калининградской области за более чем вековой период с 1859–1910 гг. по 2015 г. [Атлас … 2016]: исторические данные были совмещены с цифровой топографической картой 2015 г. аналогичного масштаба и представлены в виде картосхемы смещения линии берега по градациям с шагом 25 м. Изменения ландшафтов Куршской и Вислинской кос отдельно рассмотрены в работе [Дробиз, 2019]. Эти работы проводились в рамках гранта РГО № 05/2015, с соблюдением современных требований нормативно-технической документации.

Аналогичные архивные исходные картографические материалы (ИКМ) для другого участка Южной Балтики – морского побережья островов Узедом (Германия) и Волин (Польша), отделяющих Щецинский залив от Поме-

ранского залива Балтийского моря, – использованы для выявления береговой динамики на соответствующем участке [Deng et al., 2017].

Целью настоящей работы является сравнение методов оценки скоростей отступания берега, примененных для Калининградской области и островов Узедом и Волин, на основе использованием идентичных ИКМ.

На рисунке показаны схемы покрытия ИКМ на обоих участках. Метод, использованный в работе [Deng et al., 2017], состоял в трансформировании растров с использованием углов рамок листов топографической карты и ряда характерных точек внутри листов (см. точки внутри рамок листов на рис. 1*a* и *b*). Таким образом, привязка листов карты была проведена по 10–15 опорным точкам при наличии 10 контрольных точек (отмечены квадратами на рис. 1*a* и *b*) на весь объект исследования.

При трансформировании листов ИКМ для территории Калининградской области в качестве опорных точек (помимо точек углов рамок листов) были использованы также центральный крест и точки пересечения линий координатной сетки, координаты которых рассчитаны программно-аналитическим способом. Для листов карты XIX в., на которых отсутствует координатная сетка, в качестве опоры привязки приняты характерные точки местности – перекрестки дорог, дорожной сети с гидрографией и т.п. При этом в связи со значительными изменениями дорожной сети с XIX в. по настоящее время, карта 1859–1860 гг. трансформирована по характерным точкам на карте 1911–1936 гг. издания. Таким образом, карты 1910–1939 гг. издания привязаны к современным материалам по более чем 100 опорным точкам, а карты 1833–1834 и 1859–1860 гг. – по 15–20 точкам. Номенклатурный лист карты 1859 г. издания, отсутствующий на рис. 1c, заменен в работе на соответствующий лист 1833 г.

Расчет точности трансформированных растров выполнен разными методами. Для Калининградской области точность оценена аналитически: согласно нормативно-технической документации в сфере геодезии и картографии современная цифровая топографическая карта (ЦТК) характеризуется среднеквадратической погрешностью (СКП) планового положения твердых контуров ±0,2 мм в масштабе карты, СКП по высоте на приморской территории (абсолютные отметки не более 50–100 м) целесообразно пренебречь.

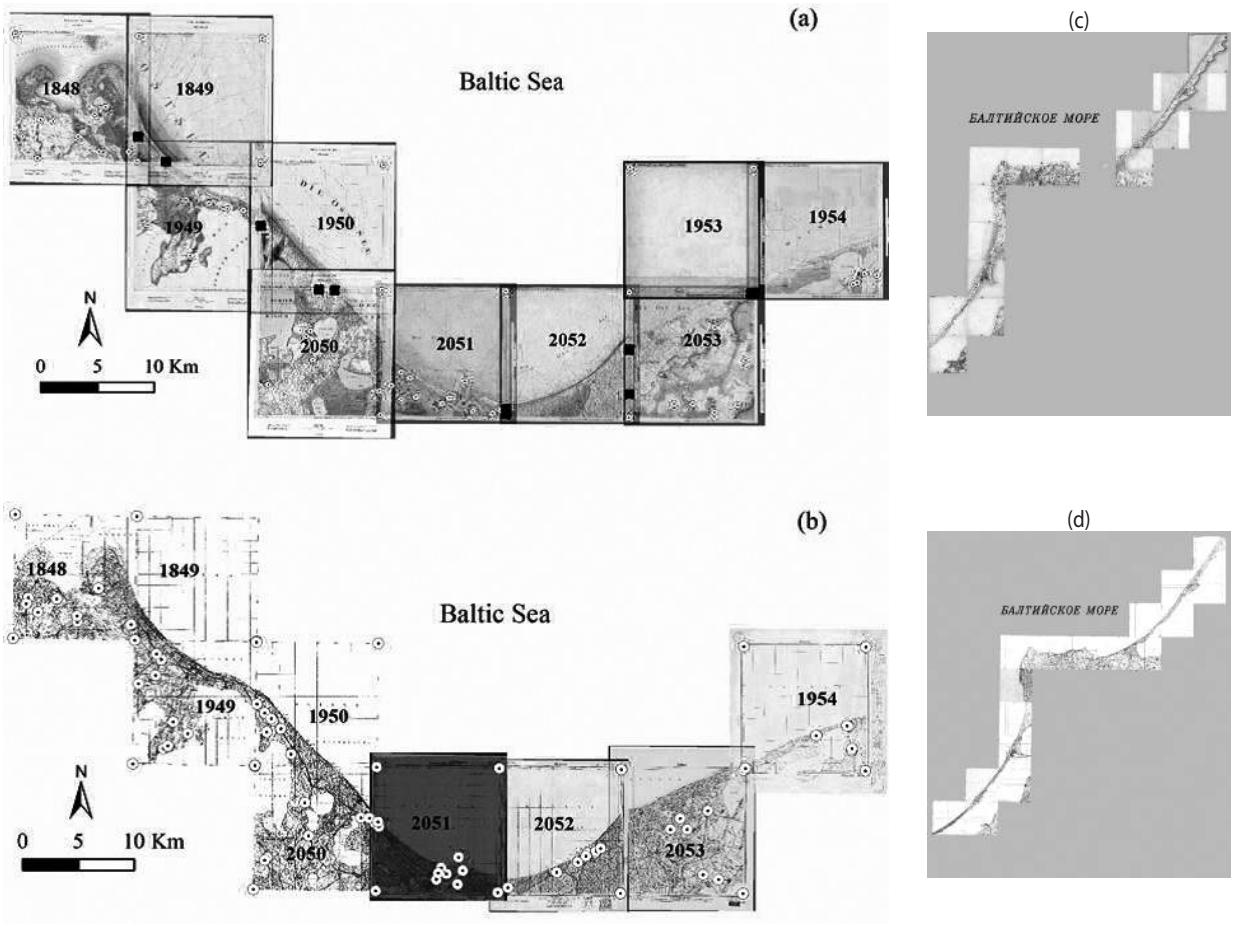


Рис. 1. Схемы ИКМ на морское побережье островов Узедом и Волин 1829 (a), 1911–1936 гг. издания (*b*) [Deng et al., 2017] и Куршской, Вислинской кос и Самбийского полуострова 1859–1860 (*c*) и 1910–1939 гг. (*d*) издания

Для ЦТК масштаба 1:25 000 СКП в плане равна ±5 м, для растров карты «Месстишблатт» (1910–1939 гг. издания) принята удвоенная СКП (±10 м). В связи с несовершенством методик топографической съёмки и картосоставления в XIX в. (слабое развитие планово-высотного обоснования, отсутствие возможностей автоматизированной обработки больших объёмов полевых материалов и современных методов спутниковой геодезии), а также принимая во внимание степень сохранности архивных карт на бумажном носителе, для карты «Пре-Месстишблатт», 1859–1860 гг. издания, принята СКП, учетверенная относительно СКП карты «Месстишблатт» (1910–1939 гг.), по которой в основном проведено трансформирование карты, т.е. ±40 м.

Для участка морского побережья островов Узедом (Германия) и Волин (Польша) СКП оценена с использованием контрольных точек при трансформировании каждого листа отдельно [Deng et al., 2017]; методика близка к фотограмметрической обработке геодезических материалов. В результате, СКП привязки листов карты «Месстишблатт» (XX в.) оценена в среднем в ±5,0 м, а листов карты «Пре-Месстишблатт» (XIX в.) – в ±48,0 м. Здесь вызывает некоторые сомнения тот факт, что для вытянутого и столь протяженного объекта исследования, как 80-километровая полоса побережья островов Узедом и Волин, при использовании столь малого количества опорных точек, привязка карт характеризуется нормативной СКП для ЦТК соответствующего масштаба. Вероятно, имеет место выборка из малого количества измерений, при их увеличении значения СКП будут ближе к расчетным для Калининградской области. Однако оценки погрешности по общегеодезическому и «фотограмметрическому» методам оказались сравнимыми.

После проведения трансформирования растров архивных карт обычно производится сравнение положения изображенной на них линии, разделяющей море и сушу (далее – линия берега), с современными материалами. Для островов Узедом и Волин [Deng et al., 2017] это были результаты аэрофотосъемки 2008 г., а для Калининградской области – космические снимки 2015 г. [Дробиз, 2019]. Согласно [Deng et al., 2017], выделены 5 типов берегов: непрерывно отступающие (тип *A*–) и наступающие (*A*+) берега, берега с относительно стабильной линией берега (изменения ее положения с годами находятся в пределах погрешности; тип *B*), меняющиеся случайно (тип *C*) или под воздействием антропогенных факторов (тип *D*). Тип *A*+ на территории Калининградской области не зафиксирован, что подтверждает общий абразионный характер естественных морских берегов. Сравнение с результатами, полученными на материалах наземного берегового мониторинга Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (АО ИО РАН) [Bobykina et al., 2016], показало удовлетворительную корреляцию данных, полученных различными методами, а также позволило выделить участки с усилившимся в новейшее время размывом берега [Дробиз, Бобыкина, 2018].

Работа проведена в рамках выполнения грантов РГО № 05/2015 «Послевоенные изменения на территории современной Калининградской области по материалам топографических карт» и РФФИ № 18-05-01145 «Вклад российских берегов в поступление абразионного материала в береговую зону Балтийского моря».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас послевоенных изменений на территории современной Калининградской области (по материалам топографических карт) / гл. ред. Г.М. Федоров. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 36 с.

2. Дробиз М.В. Картографирование пространственно-временной динамики природно-хозяйственных систем Калининградской области // Геодезия и картография. 2019. Т. 80. № 1. С. 136–145.

3. Дробиз М.В., Бобыкина В.П. Сравнение рецессии берегов некоторых участков Калининградской области в различных временных масштабах // Арктические берега: путь к устойчивости: мат-лы конф. Мурманск: МАГУ, 2018. С. 68–71.

4. Bobykina V., Chubarenko B., Karmanov K. Morphodynamics of the shores of the Vistula Spit (the Baltic Sea) in a period of 2002–2015 by results of in-situ measurements. [In] "Managing risks to coastal regions and communities in a changing world". Proc. Int. Conf. EMECS'11-SeaCoasts XXVI (Saint-Petersburg, 22–27 Aug., 2016). Saint-Petersburg, RSHU, 2016. ISBN 978–5-369–00829-4. P. 130–140. DOI: 10.21610/conferencearticle_58b4315ec153d

5. Deng J., Harff J., Giza A., Hartleib J., Dudzin´ska-Nowak J., Bobertz B., Furman´czyk K., Zolitz R. Reconstruction of Coastline Changes by the Comparisons of Historical Maps at the Pomeranian Bay, Southern Baltic Sea // Coastline Changes of the Baltic Sea from South to East: Past and Future Projection. Springer Int. Publ., 2017. P. 271–289.

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ СУХУМСКОГО ПОЛУОСТРОВА И БУХТЫ

Р.Ю. Жиба, Р.С. Дбар
Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум
romazb@mail.ru

С 2017 г. проводится комплекс геоморфологических исследований береговой зоны Сухумского мыса и одноименной бухты. Цель работы заключается в определении прогнозных оценок направления и скорости происходящих процессов, а также разработка рекомендаций по защите инженерных объектов береговой зоны и прибрежной городской инфраструктуры.

Исследования включали следующие работы: эхолотная съемка шельфа и составление батиметрических карт на ключевых участках стока и аккумуляции наносов. Сопоставление данных эхолотирования с доступными историческими и литературными материалами содержащих информацию о морфологических и морфометрических характеристиках береговой зоны Сухумского участка. Исследования также включают определение качественных изменений морфологии и геометрии берегов Сухумского мыса и бухты с помощью сопоставления космических снимков за период с 1965 по 2017 г.

Общая протяженность рассматриваемого берегового участка составляет 15 км между устьями рек Гумиста и Келасури и включает основные формы берегового рельефа, такие как аллювиально-аккумулятивный выступ Сухумского п-ва и ассиметричная береговая дуга Сухумской бухты.

Конвергентные потоки наносов от р. Гумиста с запада и р. Келасур с юго-востока завершают свою миграцию, не доходя до вершины Сухумской бухты, таким образом оставляя кутовую часть бухты на отрезке 700 м обнаженной в отсутствии плаща наносов. Основной результирующий перенос наносов осуществляется р. Гумиста в южном направлении. Мощность транспорта наносов составляет около 61 тыс. $м^3$ в год [Сафьянов и др., 2001,] и их перенос завершается в Сухумской бухте.

На Южном крыле Сухумской бухты существует противоположный по отношению к основному направлению вдольбереговой поток наносов. Его формирование вызвано ростом Сухумского мыса в голоцене [Алпенидзе, 1987] и образованием на юго-восточном побережье волновой тени, которая блокирует доминирующие западные волнения.

На протяжении последних двух десятков лет на берегах Сухумского участка отмечается изменения контура береговой линии. На отдельных участках морфодинамические процессы отмечены высокими темпами развития. Их проявления обусловлены антропогенными факторами, такими как внедрение в практику инженерной защиты берегов бун, молов и берегозащитных стен, при освоении данного участка побережья во второй половине прошлого века. При этом значительная часть берегов остается естественной (более 65 %), и процессы здесь отличаются сравнительно слабыми темпами развития.

Абразионно-аккумулятивные берега от устья р. Гумиста до Сухумского мыса характеризуются отрицательным балансом. Ширина галечных пляжей изменяется от 25 м до 45 м, при этом в тыльной части существует невысокий современный абразионный уступ, что является важным признаком отступания берегов. Общая тенденция к отступанию морских берегов на 4-километровом участке между устьем р. Гумиста и Сухумским мысом отмечается в материалах авторов второй половины прошлого столетия.

Так, И.П. Балабанов [2009] оценивает отступание берегов на этом участке в значении до 0,5 м в год. М.Д. Алпенидзе [1987] указывает, что берег Гумистинско-Маякского участка с начала XX в. испытывал интенсивные изменения, в частности им отмечается, что к востоку от устья р. Гумисты среднемноголетние темпы размыва берегов составляют 1,1–1,7 м в год.

Путем сопоставления космоснимков за 1965–2017 гг. была определена общая площадь потерь прибрежной территории от устья р. Гумиста до Сухумского мыса, и она составила порядка 20,3 га, а наиболее высокие скорости отступания достигли 0,42 м в год.

При этом на вершине Сухумского мыса берег выдвинулся на 10 м, и за мысом в сторону Сухумской бухты он также характеризуется положительный динамикой. За период с 1965 г. по 2017 г. прирост пляжной полосы вблизи мыса составил 13 м, а на участке грузового порта эти значения достигают более 45 м.

Наиболее высокое наносоудерживающее влияние оказывает 160-метровый мол Сухумского грузового порта. Его сооружение производилось в несколько этапов со времени создания порта в 1967 г.; при увеличение его длины в 1990 г. к вершине мола были добавлены последние 30 м. Вследствие чего стало происходить заполнение входящего угла препятствия и формирование обширной береговой отмели. Батиметрическая

съемка 2018 г. акватории грузового порта зафиксировала отметки в 3–4,5 м, что по сравнению с 1980 г. выявила аккумуляцию донных наносов с изменением в положения изобат от 1,5 до 2 м. К началу 2000 г. донная аккумуляция на вершине мола стала перерастать в аккумулятивное образование – примкнувшую косу, стремящуюся к северо-востоку и перекрывающую фарватер грузового порта, формируя пересыпь. Объем тела косы, сконцентрированной на вершине защитного мола, составляет более 50 000 тыс. м^3, а общая площадь надводной части морской аккумулятивной террасы, сформированной в течение последних 22 лет, составила 1,45 га.

Ложбины подводного каньона внедряются в береговую зону у Сухумского мыса, создавая благоприятные условия для стока твердых осадков из береговой зоны [Сафьянов и др., 2007]. Каньон является латеральным и располагается в значительном удалении (4 км) от устьевой области р. Гумиста.

Сопоставление данных эхолотной съемки 2019 г. с историческими материалами середины прошлого столетия [Алпенидзе, 1987; Зенкович, 1958; Пешков, 2005] показало, что морфологический облик откоса претерпел определенные изменения. Главным образом, трансформации подверглись характеристике ложбин подводного каньона, что может быть отнесено к сезонным переформированиям донного рельефа.

Таким образом, полученные промежуточные данные по характеристике и динамике берегов Сухумского участка подтверждают отмеченную в исторических материалах общую тенденцию направленности изменения береговой линии. Кроме того, исследования позволили существенно детализировать характеристику современных морфолитодинамических процессов на данном участке берегов Абхазии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алпенидзе М.Д. Морфология и динамика берегов Чёрного моря средней части Абхазии. Сухум, 1987. 232 с.

2. Балабанов И.П., Поротов А.В., Горлов Ю.В., Кайтамба М.Д. Особенности эволюции Сухумского побережья в позднем голоцене // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2004. № 2. С. 55–63.

3. Балабанов И.П. Палеогеографические предпосылки формирования современных природных условий и долгосрочный прогноз развития голоценовых террас Черноморского побережья Кавказа. М.; Владивосток: Дальнаука, 2009. 352 с.

4. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. I. 188 с.

5. Пешков В.М. Галечные пляжи неприливных морей (основные проблемы теории и практики). Краснодар, 2005. 444 с.

6. Сафьянов Г.А., Меньшиков В.Л., Пешков В.М. Подводные каньоны – их динамика и взаимодействие с береговой зоной океана. М.: ВНИРО, 2001. 197 с.

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА АБРАЗИОННОГО ПРОЦЕССА ПОБЕРЕЖЬЯ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

О.В. Ивлиева, Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону; ivlieva.o@mail.ru

Большое распространение рыхлых легкоразмываемых суглинистых отложений в береговых обрывах Таганрогского залива, малые мощности песков в породах, дефицит биогенного пляжеобразующего материала, современное усиление циклональной деятельности, связанное с увеличением повторяемости западных штормов и нагонов, предопределило широкое развитие опасных береговых процессов на побережье.

Наиболее широкое развитие на побережье залива получили абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов, размыв аккумулятивных тел (кос и пляжей), а также затопление прибрежных территорий в результате нагонного повышения уровня.

Самыми масштабными опасными процессами являются абразионные и абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов, которые охватывают 79 % морского побережья. За более чем 50-летний период исследований установлено, что на побережье средние скорости отступания берегов достигают 0,8–1,6 м/год, максимальные 3,5–5,0 м/год. Средние скорости абразии на побережье уменьшаются с запада на восток. Где

обрывы сложены суглинками и глинами отмечается, как правило, абразионно-обвальный тип берега и довольно высокие скорости абразии (1,8–2,5 м/год). На побережье Таганрогского залива с выходами песчаных толщ в обрывах получил развитие абразионно-оползневой процесс со скоростями разрушения берега 0,6–0,7 м/год [Ивлиев, 2012].

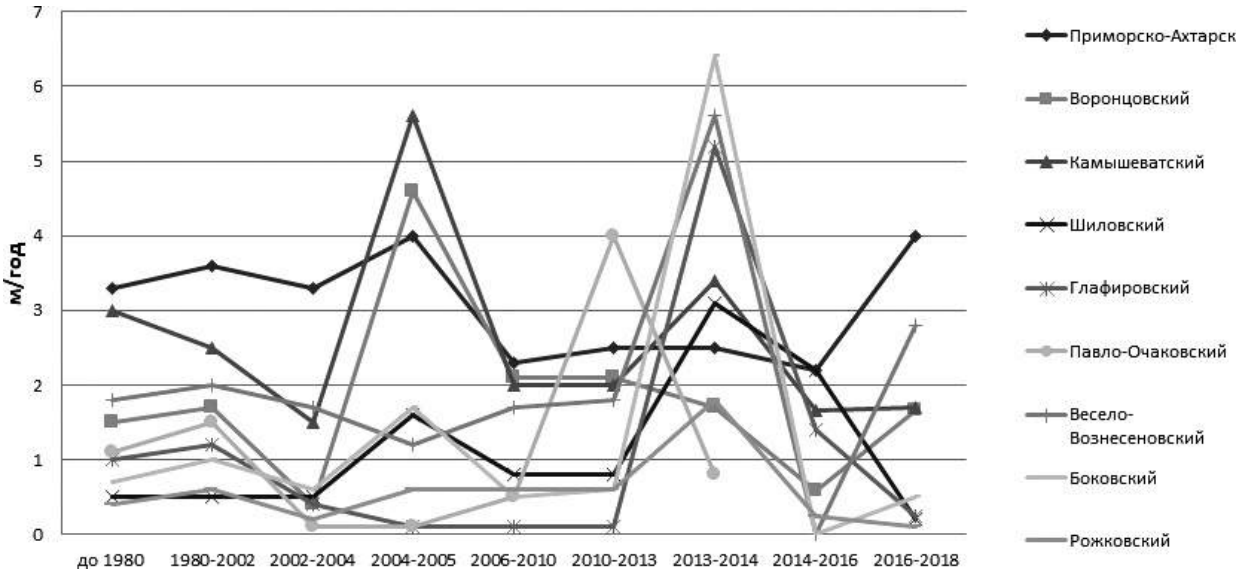


Рис. 1. Динамика скорости абразии на ключевых участках Таганрогского залива Азовского моря

На берега с сильной активностью абразионных и оползневых процессов проявления в Таганрогском заливе приходится около 65,0 км или 29 % береговой линии залива, из них проявление абразионных процессов отмечается на протяжении 45,0 км, оползневые берега имеют протяженность 18 км, средняя скорость разрушения берегов составляет 32 км берега (25 %), средние и слабые скорости разрушения берегов отмечаются на побережье протяженностью 65 км и составляют около 46 % протяженности береговой линии.

Эвстатический подъем уровня Азовского моря существенно меньше амплитуды сгонно-нагонных колебаний. Повышение уровня за последние 70 лет составило в Таганроге 0,71 см/год, в Ейске – 0,64 см/год. На местные сгонно-нагонные колебания в различных районах моря значительно влияет ориентация береговой линии, относительно господствующих ветров. Так, в Таганроге максимальные сгонно-нагонные колебания могут достигать 6 м, в Ейске – 4,5 м [Ивлиев, 2012]. В пределах Азовского моря экстремальные уровни формируются под воздействием штормовых ветров более 15 м/с, повторяемость которых составляет примерно 6–10 % в год.

На основе данных ГМС пунктов побережья Азовского моря был выполнен анализ повторяемости опасных (ОЯ) и неблагоприятных явлений (НЯ), связанных с экстремальными колебаниями уровня за период 1991–2015 гг. За данный период общее число случаев НЯ и ОЯ в Таганроге достигло значения – 55, высокая гидродинамическая активность наблюдалась с 1991 по 2001 г. Период с 2002 по 2012 г. характеризовался наименьшей частотой проявления экстремальных нагонных уровней. Таким образом, наблюдаются 10–11-летние циклы проявления экстремальных нагонов [Беспалова и др., 2016; Ивлиева и др., 2013].

При нагонном повышении уровня наблюдается затопление прибрежных территорий на узких пляжах, вдоль коренных обвальных и оползневых обрывов, что вызывает активизацию абразионного разрушения берегов. В результате повышения уровня более чем на 0,5 м воды залива, предустьевые участки долин малых рек (Миуса, Мокрого Еланчика, Кагальника, Самбека) прорывают также часть поверхности кос Таганрогского залива: Беглицкой, Петрушиной, Очаковской, Чумбурской. Наибольшие площади нагонные наводнения покрывают территории в дельте Дона, практически вся поверхность дельты, вплоть до г. Азова. Участки интенсивного заболачивания на пойме составляют до 20–25 %. Подтопление проявляется также в г. Таганроге и между хуторами Павло-Очаково и Чумбур-Коса, что связано с влиянием близлежащих оросительных систем [Ивлиева и др., 2013].

Зарегулирование стока малых рек, впадающих в залив, и связанное с этим уменьшение поступления пляжеобразующего материала вызвало сокращение ширины пляжей в устьях рек почти в 2 раза за последние 30 лет: с 12–15 м до 6–7 м.

Сокращение твердого стока реки Дон более чем в 10 раз, по сравнению с условно естественным режимом, уменьшение поступления песчаного материала в 1,5 раза – основные причины дефицита наносов, обусло-

вившие смену литологических типов донных отложений в восточной части Таганрогского залива, что вызвало размыв морского контура дельты Дона.

Сравнение карт морского края дельты Дона за 1927, 1952, 1963, 1967, 1982 гг., космоснимков 2002, 2007 гг. позволило установить, что до 1959 г. морской край дельты характеризовался аккумуляцией материала до 2 м/год. После строительства Цимлянской ГЭС наблюдался активный размыв морского края 1–1,5 м/год до 1983 г., с 1983 по 2007 г. размыв не превышал 0,6 м/год. Резкое сокращение твердого стока р. Дон повлекло за собой практически полное исчезновение площади крупноалевритовых осадков и замещение их мелкоалевритовыми и глинистыми илами в восточной части залива.

Изменение состава донных осадков в восточной части Таганрогского залива привело к смене границ биоценозов зообентоса и снижению биологической продуктивности моллюсков, и, как следствие, привело к сокращению биогенного питания пляжей. Проведенные в 2002–2012 гг. исследования вещественного состава пляжей Таганрогского залива показали, что в сравнении с 1980-ми гг. содержание раковинного материала пляжей залива уменьшилось практически вдвое с 32 % в среднем до 12–15 % в настоящее время. Изменение вещественного состава пляжей повлекло за собой размыв кос залива как в прикорневой части, так и на протяжении всей их морской стороны. Ширина пляжей на Чумбурской, Очаковской косах уменьшилась с 15–20 м до 5–10 м в среднем [Ивлиева и др., 2013; Ивлиев, 2012].

Имеющийся ряд наблюдений по реперной сети Таганрогского залива позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов за период исследований (рис. 1). Периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризовались стабилизацией процесса абразии, средние скорости в это время не превышали 1 м/год, периоды 2003–2006 гг. и 2010–2014 гг. отличались интенсификацией этих процессов, что связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей. Особенно высокие скорости разрушения берегов зафиксированы в период 2013–2014 гг., что обусловлено увеличением повторяемости нагонных ветров волнений и катастрофическими подъемами уровня воды. Наблюдаются 10–11-летние циклы проявления экстремальных нагонов. Можно прогнозировать, что с 2013 г. начался новый цикл активизации нагонных опасных и неблагоприятных уровней для Азовского моря.

В 2014 г. при юго-западном ветре 40 м/с был отмечен катастрофический нагон, выше отметок ОЯ. На большинстве гидрологических постов были зафиксированы исторические максимумы. Данное нагонное явление является историческим с максимальной отметкой, которая стала абсолютной в ряду наблюдений 1881–2014 гг. для всех ГМС Азовского моря. Серьезному воздействию экстремальных нагонов в марте 2013 г. и в сентябре 2014 г. подверглись как берега, так и аккумулятивные формы – косы Азовского моря. Большая часть кос была затоплена, уровень воды поднимался на отметки более 2 м [Ивлиева и др., 2015]

Следуя логике прогноза колебания волновой активности, связанной с солнечной активностью, когда максимумы солнечной активности приходятся на рубежи десятилетий, можно предположить, что в середине XXI в. будет наблюдаться минимум солнечной активности, или начало восходящей ветви столетнего цикла, а усиление процессов размыва берегов будет наблюдаться примерно до 2020–2025 гг. [Ивлиева и др., 2017]. Скорости абразионного процесса на побережье Таганрогского залива в 2015–2018 гг. остаются по-прежнему достаточно высокими, выше средних значений по всем постам наблюдений (рис. 1).

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов, а также предположить, что с 2013 г. начался новый цикл активизации неблагоприятных гидрометеорологических процессов, который может стабилизироваться к середине столетия. Интенсивный размыв берегов в значительной степени обусловлен амплитудой сгонно-нагонных колебаний уровня и ориентировки побережья относительно господствующих волнений, на отдельных участках обусловлен сокращением биогенного питания пляжей и сокращением твердого стока малых рек и Дона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Л.А., Лурье П.М., Тарадин Е.Ю. Многолетняя динамика экстремальных уровней Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: сб. мат-лов III Всерос. конф. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 72–80.

2. Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Сушко К.С., Комогоров А.Ю. Современное состояние абразионных и аккумулятивных берегов Азовского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт РАН, 2015. Вып. 1. С. 40–47.

3. Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Мысливец В.И., Шипилова Л.М. Прогноз развития северного берега Таганрогского залива Азовского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. № 6. 2017. С. 71–77.

4. Ивлиева О.В., Ивлиев П.П., Беспалова Л.А. Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья // Тамбовский вестн. ТГУ. Т. 18. Вып. 2. 2013. С. 606–610.

5. Ивлиев П.П. Геоэкологическая оценка развития опасных природных и техноприродных процессов побережья Азовского моря (в пределах Ростовской области): автореф. дис. … канд. геогр. наук (25.00.36). Ростов н/Д, 2012. 24 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТРОПОГЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА РАЗВИТИЕ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Е.И. Игнатов
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
ign38@mail.ru

Катастрофические события последних лет, происходящие в разных районах нашей планеты, побуждают неоднократно обращаться к проблеме оценки масштабов морфологических преобразований морских берегов и определения их устойчивости для обеспечения стабильного развития прибрежной инфраструктуры и безопасности населения, около 70 % которого проживает в пределах прибрежной зоны, наиболее уязвимой от воздействия всех генетически неоднородных и многообразных всемирных катастроф.

Пугающая частота этих событий, количество жертв и масштабы ущербов отражаются прежде всего на морских берегах самой реагентной контактной зоны взаимодействия Мирового океана, континентов и островов.

В этих условиях крайне необходимо выявить особенности воздействия катастрофических природных событий на морские берега, определить характер возможных переформирований рельефа берегов, ландшафтов, осадков и в целом литорали и дать оценку ожидаемых опасностей и рисков, а также наметить мероприятия по сохранению и защите морских берегов.

В пределах прибрежной зоны катастрофические явления, включая и экстремальные природные процессы, приводят к значительным разрушениям и гибели людей. В этой связи для обеспечения стабильного развития прибрежной инфраструктуры и безопасности населения становится весьма актуальной проблема оценки их реакции и устойчивости к воздействию всех генетически неоднородных и многообразных всемирных катастроф. Однако практика природопользования показывает, что не меньшее негативное воздействие на грани риска производят часто встречающиеся экстремальные факторы энергомассообмена на морских берегах.

Возникает актуальнейшая задача: в этих условиях правильно оценить ситуацию, спрогнозировать возможные варианты последствий, выявить особенности воздействия экстремальных и катастрофических природных событий на морские берега, а также наметить мероприятия по сохранению и защите морских берегов с учетом их региональной специфики и режима развития, территориальной освоенности и заселенности.

Собранная и обобщенная информация позволяет оценить интенсивность морфологических преобразований берегов. Например, на Черном море зафиксировано воздействие на морские берега, особенно в районе Сочи и Севастополя, экстремальных штормов, проявившихся впервые за последние 120 лет, что привело к размывам берегов и разрушениям техногенных объектов. Разнообразие источников чрезвычайных ситуаций, таких как опасные природные явления, стихийные или иные бедствия, приводят к необходимости комплексной оценки берегов и выявлению их реакции на эти воздействия с целью предупреждения негативных морфологических изменений и сохранения устойчивости берегов, качества жизни населения и окружающей среды.

Возникла необходимость разработки концепции исследования и оценки устойчивости берегов к воздействию природных не только катастрофических, но и экстремальных событий. В качестве объекта исследования выступает морфология и состояние морских берегов в районах проявления природных экстремальных и катастрофических событий в условиях различных типологических случаев.

В настоящее время для отдельных эталонных участков морских побережий последовательно реализуются различные методические подходы в рамках ряда работ:

1) выявление, хронология и систематизация случаев возникновения природных катастрофических событий;
2) экспертная оценка активности, опасности и основных пространственно-временных закономерностей распространения типологически разнородных опасных природных процессов;
3) анализ рисков различного происхождения для нарушения устойчивости морских берегов;
4) определение видов воздействий на береговые морфосистемы катастрофических и экстремальных опасных природных процессов;
5) разработка алгоритма рекомендательных решений и концепции сохранения устойчивости морских берегов при катастрофических и экстремальных событиях.

Таким образом, главным вкладом в развитие данной области науки по оценке состояния и особенностей развития морских берегов в экстремальных условиях является идентификация технологии и механизмов, определяющих интенсивность опасных экстремальных явлений на морских берегах и выявление регионов, находящихся в самых напряженных зонах воздействия экстремальных условий окружающей среды. Немаловажной остается также необходимость провести оценку вероятности изменения режимных параметров этих экстремальных условий, выработать критерии этой оценки и определить масштаб ответной реакции морфолитогенеза береговых морфосистем в процессе развития.

Глобальное потепление климата привело к непредсказуемым изменениям природной среды и росту масштабов и частоты катастрофических событий. Ускорились темпы подъема уровня Мирового океана, еще более резкие изменения произошли на внутриземных водоемах, таких как Каспийское море, на котором с 1979 по 1995 г. уровень моря поднялся более чем на 2 м. Это привело к затоплению и подтоплению значительных прибрежных территорий и к катастрофическим событиям для местного населения, уничтожению и разрушению ряда населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, промышленных объектов.

Учение о морских берегах в настоящее время представляет развитое направление с устоявшейся системой понятий и связанных с ним терминов, возникающих при решении геоморфологических задач. Вместе с совершенствованием знаний о берегах расширялась понятийная база береговой науки, а также детализировалось смысловое и граничное значение термина берега как современной зоны волнового взаимодействия моря и суши и побережья – как зоны распространения реликтовых форм рельефа морского происхождения на суше и подводном склоне.

И, наконец, появляются термины прибрежно-морская зона или прибрежная зона, охватывающие пространственно-территориальную полосу, примыкающую к берегу со стороны суши до приморского хребта, и шельф – со стороны моря в нее включают шельф, береговую зону и полосу прибрежной равнины, сформировавшуюся за последние 6000 лет.

В связи с решением множества практических задач целесообразно оперировать термином *прибрежная зона*, в пределах которой в настоящее время располагается, по самым скромным подсчетам, 95 столиц островных и континентальных государств мира, 114 городов с населением свыше 1 млн и около 350 населенных пунктов с населением от 100 до 500 тысяч.

Прибрежная зона территориально «поглощает» побережье и контактную зону суша – море, в которой происходит основной энергомассообмен между сушей и морем и активизируются морфо- и литодинамические процессы.

Современные темпы природопользования промышленно-хозяйственного и рекреационного освоения ставят перед геоморфологической наукой все новые задачи. Проблемы утилизации, берегозащиты и управления береговой зоной не только приобретают аварийно-тактический характер на местном или региональном уровне, но и требуют стратегических глобальных решений на основе комплексного изучения рельефа и гидро-, морфо- и литодинамических процессов.

Роль антропогенного фактора в функционировании берегов Крыма. Прибрежная зона Крымского полуострова характеризуется разнообразным и во многих случаях интенсивным природопользованием. Можно говорить о техногенезе в береговой зоне и выделять следующие его виды: строительство гидротехнических сооружений; добыча полезных ископаемых (для Крыма это главным образом строительные материалы); зарегулирование твердого стока рек; отвалы горных пород; дноуглубительные работы; накопление мусора и загрязняющих веществ; рекреационное воздействие. Но основным в Крыму остается курортно-жилищное строительство и сельскохозяйственное освоение прибрежной зоны, включая земельные угодья на горных склонах. В ряде случаев в структуре природопользования главную роль играет рекреационная деятельность.

История освоения Крыма показывает, что на первых этапах эпизодических местных застроек природные условия и геоморфологические процессы еще не достигли критического состояния. В начале прошлого столетия еще сохранились пляжи вдоль береговой зоны ЮБК. В дальнейшем зарегулированность водотоков, закрепление склонов, создание парковых систем и применение противооползневых мероприятий привело к истощению потоков наносов и деградации пляжей. Но рекреация не мыслима без пляжей и инфраструктуры,

поэтому потребовалась защита берегов, и она была выполнена в виде протяженного пояса из бун. В настоящее время буны потеряли свою эффективность и требуются дополнительные действия по организации берегоукрепительных работ. Берега являются динамическими природными объектами и изменяются достаточно быстро в результате абразионных и других процессов, протекающих как вследствие природных причин, так и под влиянием антропогенных факторов.

Берегоукрепительные работы в Крыму в его разных районах, особенно на Южном берегу, проводились в течение долгого времени, но не всегда успешно и не на всех необходимых участках. Основными задачами остаются составление прогноза возможного развития обвально-оползневых процессов прибрежной зоны Севастополя; выявление причин активизации развития опасных геологических процессов; разработка на этой основе комплекса мероприятий, направленных на снижение рисков возникновения ущерба от негативных опасных процессов; выбор и рекомендации вариантов решения прикладных задач оптимизации технологии защиты берегов от штормового размыва для обеспечения устойчивости береговых уступов от обрушения; оценка возможностей обеспечения сохранности земельных ресурсов прибрежной территории при реализации комплекса мероприятий по управлению рисками от негативных опасных явлений.

ВНУТРЕННИЕ ДЕЛЬТЫ ЛАГУН С АКТИВНО ПЕРЕМЕЩАЮЩИМИСЯ ПРОЛИВАМИ

А.И. Левицкий
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
santo1989@mail.ru

При анализе морфолитодинамической системы лагунного побережья северо-восточного Сахалина за период 1927–2014 гг. было установлено, что в построенной балансовой модели значительную роль играют наносы, формирующие внутренние дельты лагун [Афанасьев, 2019]. Отмечено, что при значительных однонаправленных перемещениях лагунных проливов формируется целая серия внутренних дельт, объемы наносов в которых значительно превышают объемы речного твердого стока за соответствующий период.

Были проведены морфометрические исследования внутренних дельт лагунного залива Лунский и лагунного озера Невское (рис. 1).

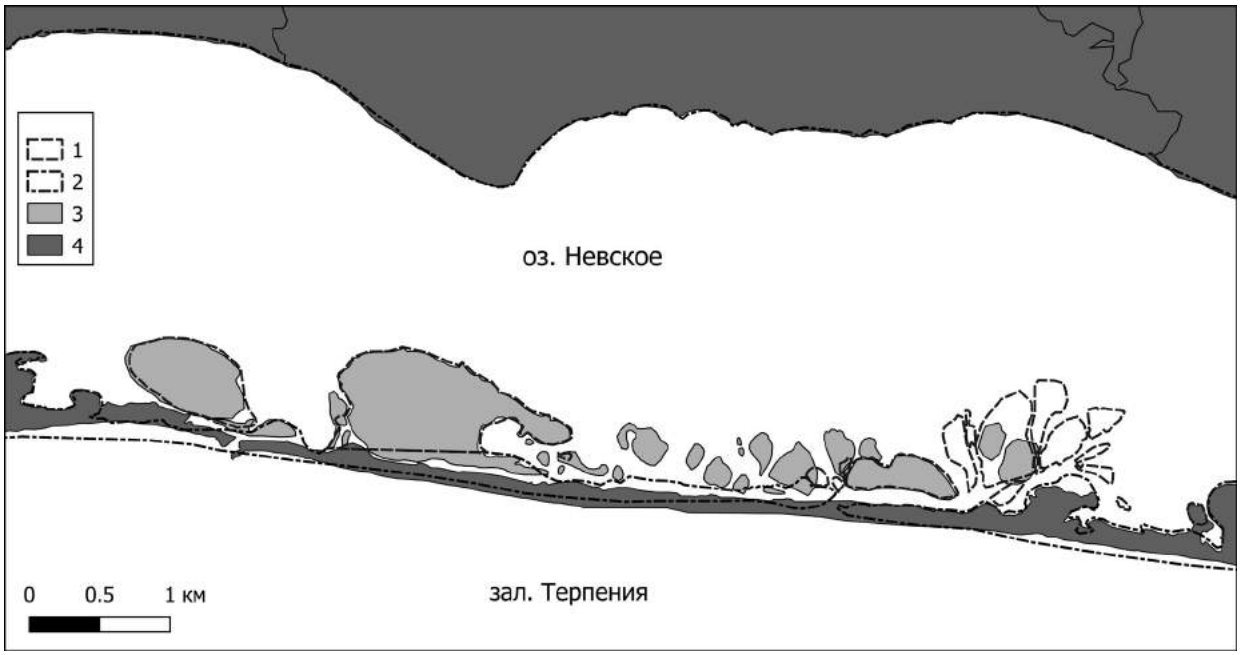


Рис. 1. Внутренние дельты лагунного озера Невское: *1* – внутренние дельты 1952 г.; *2* – берег 1952 г.; *3* – внутренние дельты 2018 г.; *4* – берег 2018 г.

В результате проведенных работ были установлены особенности динамики и объемы осадконакопления внутренних дельт за период 1952–2018 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В. Морфолитодинамика лагунных проливов северо-восточного Сахалина // Геоморфология. 2019. № 2. С. 79–94.

КАРТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕРЕГОВ САХАЛИНА

А.И. Левицкий
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
santo1989@mail.ru

Появление современных геопространственных информационных массивов позволяет решать береговые морфометрические задачи на новом уровне. Были проведены морфометрические исследования берегов о. Сахалин с использованием полигонов свободно распространяемой электронной карты OpenStreetMap.org, файлы скачаны с сайта geofabric.de. Набор данных представляет собой 18 готовых файлов (с расширением .shp) с координатной системой wgs84. Расчет произведен при помощи модуля «Добавить атрибуты геометрии» в ГИС QuantumGIS (QGIS) (версия 3.4.6), который вычисляет геометрические свойства объектов в векторном слое, расчет производился на эллипсе. Полученные атрибуты были экспортированы в электронные таблицы для дальнейшей обработки. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Площади и протяженности береговой линии о. Сахалин

	Протяженность береговой линии, км	Площадь, км^2
Сахалин с лагунами и заливами	5 055	76 190
Без лагун и заливов	2 755	73 982
Лагунные острова	211	57
Лагуны и озера	2 300	2 208

Следует отметить, что наши расчеты производились без генерализации береговой линии, по данным, полученным из источника, соответственно, поскольку детализация карты достаточно высокая, длина береговой линии ожидаемо выше, чем при стандартных картометрических методах, что подтверждается измерениями по карте в масштабе 1:5 000 000. Протяженность береговой линии о. Сахалин по данным измерениям составила 2510 км [Калинина и др., 1992].

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинина Л.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Картирование абразионных берегов России // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5. Геогр. 1992. № 3. С. 46–51.

ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ ЛЬДОВ НА БЕРЕГА И ДНО КАСПИЙСКОГО И АРАЛЬСКОГО МОРЕЙ

С.В. Мазнев[1], С.А. Огородов[1], П.И. Бухарицин[2]
[1] МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, maznev@geogr.msu.ru; ogorodov@aha.ru
[2] Институт водных проблем РАН, г. Астрахань, astrgo@mail.ru

Воздействия льдов на берега и дно характерны для большинства замерзающих крупных озер и морей, таких как Каспийское и Аральское моря. Показано, что ледовые условия этих морей благоприятны для активного воздействия. Микрорельеф дна, созданный в результате воздействий, исследован на Северном Каспии аэровизуальными и сейсмоакустическими методами, на Аральском море – прямыми методами и по космоснимкам. Созданные в результате воздействий формы микрорельефа дна аналогичны формам, известным в других регионах. Показано, что рассматриваемые формы микрорельефа дна имеют именно ледовое происхождение.

Механическое воздействие льдов на грунт под влиянием гидрометеорологических факторов и рельефа прибрежно-шельфовой зоны, связанное с динамикой ледяного покрова, торошением и стамухообразованием, называется ледовым выпахиванием или экзарацией [Огородов, 2011]. Формы ледово-экзарационного микрорельефа, встречающиеся на дне замерзающих водоемов, прежде всего борозды ледового выпахивания, в настоящее время достаточно хорошо известны и описаны в современной научной литературе, в первую очередь по исследованиям в Арктике и на Северном Каспии (рис. 1). В последнее время были обнаружены следы ледовых воздействий на бывшее дно Аральского моря (рис. 1). Следы обнаружены нами при анализе космических и аэрофотоснимков северо-восточного побережья Аральского моря, а затем дешифрированы практически по всей поверхности бывшего дна [Maznev et al., 2019].

Ледовые условия. Каспийское море относится к частично замерзающим морям. Его северная мелководная часть (севернее линии о. Чечень – о. Кулалы) замерзает ежегодно [Гидрометеорология … 1992]. С ноября по март в холодные и экстремально холодные зимы припайный лед может устанавливаться до изобаты 20 м. Максимальная толщина ровного льда термического нарастания в западной части Северного Каспия не превышает 60 см, в восточной – 90–100 см. Однако значительную часть акватории может занимать наслоенный лед. Наслоение льда в Каспийском море наблюдается практически ежегодно в результате надвигов одной ледяной пластины на другую. Максимальная толщина наслоенного льда может достигать здесь 3 м [Бухарицин, 1984].

Специфика ледовых условий Северного Каспия – относительно тонкий и «теплый» лед и короткий период ледообразования – обусловливает относительно низкие прочностные характеристики ровного льда, а на фоне сильных ветров – условия, особенно благоприятные для его взлома и торошения. Существенно влияют на процессы торошения мелководность, извилистость береговой линии и сложный рельеф дна с большим количеством подводных банок и кос [Бухарицин, 1984].

Максимальное количество торосов (при всех типах зим) наблюдается в зоне контакта припая и дрейфующего льда. Из-за того что положение кромки припая в течение холодного сезона постоянно меняется, зона активного торошения захватывает большую площадь. Следствием этих процессов является формирование как на границе устойчивого, так и в зоне неустойчивого припая гряд торосов, перпендикулярных направлению ветра, а также появление стамух, «сидящих» на грунте. Наибольшее число торосов и стамух формируется в умеренные зимы. В соответствии с данными статистической обработки положения торосов и стамух [Бухарицин, 1987], в период высокой степени торосистости наибольшее количество ледяных образований приходится на глубины от 2 до 5 м.

Ледовые условия Аральского моря до начала падения уровня в 1961 г. были аналогичны условиям Северного Каспия. Прибрежную зону моря покрывал припай шириной 20–30 км, а в открытых районах были распространены дрейфующие льды, но в наиболее суровые зимы припай занимал всю акваторию. Мощность ровного льда достигала 65–70 см. При сильных ветрах и в период ледостава наблюдался неоднократный взлом припая с последующим выносом дрейфующего льда в открытое море. Благодаря доминировавшим в холодный период сильным северо-восточным ветрам, ледяной покров был сильно наслоен и всторошен. Под влиянием северных и восточных ветров было возможно большое скопление льда в южной части моря [Косарев, 1975].

Вследствие понижения уровня ледовый режим становился более суровым. Водоем вместе с уменьшением площади водного зеркала стал быстрее и на несколько дней раньше замерзать, а таяние льда начиналось позже и проходило за более длительный период [Михайлов и др., 2001]. Также увеличился годовой размах температуры приповерхностного слоя моря, и понизились ее среднезимние температуры.

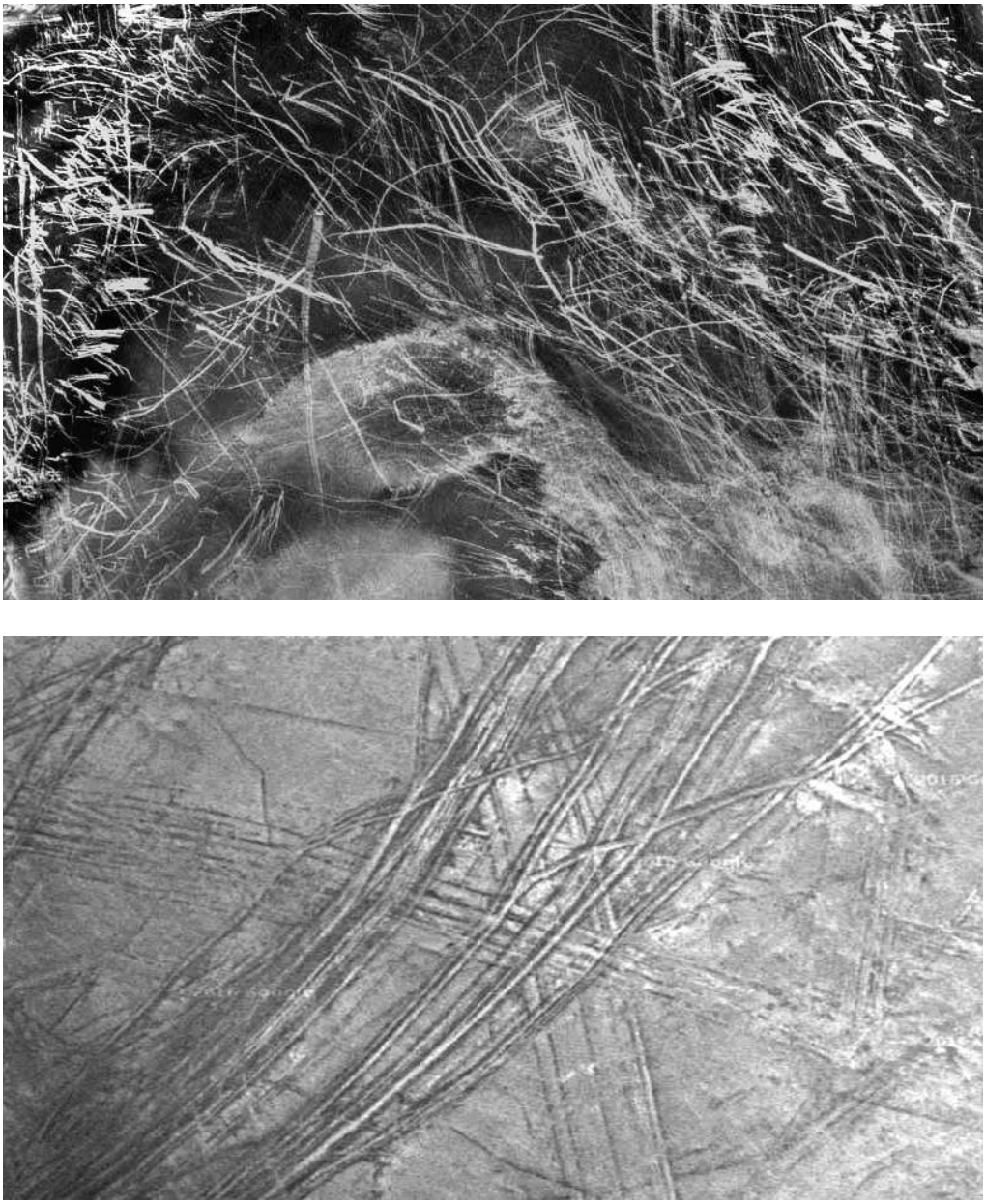


Рис. 1. Борозды выпахивания на дне Каспийского моря, к востоку от арх. Тюлений, космический снимок Landsat 8, размером 10×16 км (Earth observatory), (*вверху*); борозды выпахивания на высохшем дне северо-восточной части Большого Аральского моря, космический снимок размером 1,5×3 км (Google Maps) (*внизу*)

История и методы исследований. Навалы морских льдов на берега, стамухи, определенно сидящие на грунте, а также следы экзарации дна на малых глубинах (до 3 м) были неоднократно документально зафиксированы на Каспийском море прямыми наблюдениями, в том числе – инструментально [Бухарицин, 1987; Гидрометеорология … 1992]. На больших глубинах длительное время не удавалось задокументировать следы ледовой экзарации с помощью сейсмоакустических приборов. Проведение работ в летний период после весенних штормов, заносивших борозды наносами, не позволяло получить съемку микрорельефа дна. Полевые работы, проведённые в марте, сразу после очищения акватории ото льдов, позволили впервые полноценно задокументировать следы воздействия льдов на дно Каспийского моря [Огородов, Архипов, 2010].

На настоящий момент борозды выпахивания на бывшем дне Аральского моря зафиксированы как дистанционными, так и прямыми методами [Maznev et al., 2019]. На спутниковых снимках выделялись участки наибольшего скопления борозд, определялись их преобладающие ориентировки, ширина и протяженность. Проведение полевых работ позволило расширить и дополнить результаты дешифрирования космических снимков.

Результаты обработки данных гидролокатора бокового обзора (ГБО) и эхограмм, полученных на Северном Каспии, показали наличие четко выраженных в рельефе дна на глубинах до 12 м борозд и систем борозд выпахивания [Огородов, Архипов, 2010]. Длина наиболее крупных борозд, по-видимому, превышает несколько

километров (выходят за пределы участка съемки); ширина единичных борозд достигает 5 м, систем борозд – 200 м; глубина борозд, судя по данным ГБО и эхограммам, составляет до 1 м. Помимо линейных форм были обнаружены локальные ямы, оставшиеся от стамух. Полученные результаты полностью подтверждают более ранние данные [Бухарицин, 1984].

На бывшем дне Аральского моря ширина дешифрированных линий составляет от 3 до 90 м, большинство шириной 10–15 м, протяженность от 100 м до нескольких километров, в среднем 1,0–1,5 км. Сравнительный анализ очертаний и характера распределения следов экзарации на высохшем дне Аральского моря показывает, что они аналогичны современным следам экзарации дна на Северном Каспии и в арктических морях.

Было выявлено, что некоторые борозды на дне Каспийского и Аральского морей представляют собой кривые или ломаные линии, что свидетельствует о постепенном или резком изменении направления дрейфа льда. Борозды оканчиваются валами, образованными из выпаханного донного грунта. Анализ распределения основных направлений шрамов и сопоставление этих направлений с направлением преобладающих ветров показали, что движение масс нагроможденного льда подчиняется господствующим ветрам и возбуждаемым ими течениям [Бухарицин, 1984; Огородов, Архипов, 2010; Maznev et al., 2019]. Предполагается, что зона наиболее интенсивных воздействий на дно Каспийского моря находится в интервале глубин от 2 до 5 м, в зоне наибольшей торосистости. Исходя из схожести условий двух морей, считается, что и на Аральском море наиболее интенсивная экзарация происходила на этих глубинах.

Период образования борозд выпахивания Аральского моря приурочен ко времени быстрого понижения уровня, когда интервал наиболее интенсивных воздействий (2–5 м) смещался в целом на запад. Падение уровня, достигавшее с середины 1970-х до начала 1990-х гг. до 70 см в год, происходило так быстро, что борозды не успевали заполняться наносами. За год осушалось сразу несколько километров поверхности бывшего дна. Во время снижения темпов обмеления в 1990-х – 2000-х гг. были сформированы обширные мелководья, и благоприятные для ледово-экзарационной деятельности условия соблюдались на обширных территориях. При этом волновая переработка на восточном побережье практически отсутствовала в силу его отмелости и доминирования северо-восточных штормовых ветров. Хорошей сохранности борозд способствовал также и суглинистый характер грунта на дне, который по составу донных осадков существенно отличается от Северного Каспия. Большинство дешифрированных на Арале борозд приурочено к интервалу глубин 15–25 м (применительно к базовой отметке 53 м, принимаемой на начало обмеления). Учитывая вероятное воздействие ледяных образований на дно в интервале глубин 2–5 м от текущего уровня моря, формирование большинства дешифрируемых борозд можно отнести к 1980–1997 гг.

Сравнение морфологии и параметров ледово-экзарационного рельефа показывает, что ширина, длина и глубина форм в Каспийском и Аральском морях, Байдарацкой губе Карского моря, озере Эри и других замерзающих водоемах представляют собой сопоставимые величины. Сохранность форм на дне Каспия на порядок ниже в силу наибольшего гидродинамического воздействия и состава донных грунтов. На Аральском море, напротив, благодаря осушению дна сохранность борозд сильно повысилась.

Наиболее интенсивное воздействие ледяных торосистых образований на дно Северного Каспия происходит в интервале глубин от 2 до 5 м. Колебания уровня Каспия приводят к перераспределению глубин и перестройке рельефа дна, вместе с этими процессами меняются условия формирования торосистых образований и экзарация ими дна.

Таким образом, интервал глубин наиболее интенсивных воздействий не просто смещается вслед за колебаниями уровня, но и имеет локальные вариации, связанные с неоднородностями рельефа дна. Аналогичный процесс наблюдался и в Аральском море, где вследствие климатических и антропогенных изменений произошла кардинальная перестройка природной среды и изменились условия рельефообразования и сохранности ледово-экзарационного рельефа на морском дне. Изучение ледово-экзарационного рельефа на дне Каспийского и Аральского морей имеет большое фундаментальное и прикладное значение для понимания условий и интенсивности ледовых воздействий на берега и дно морей и крупных озер умеренного климатического пояса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 16-17-00034.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. 1984. № 6. С. 115–123.

Бухарицин П.И. Особенности ледового режима и методы прогноза ледовых условий северной части Каспийского моря: автореф. дис. … канд. геогр. наук / Ростов н/Д; Л.: ААНИИ, 1987. 20 с.

Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IV. Каспийское море. Вып. I, Гидрометеорологические условия, СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 360 с.

Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 272 с.

Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Гуров Ф.Н. и. др. Оценка современного состояния Аральского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: Геогр. 2001. № 6. С. 14–21.

Огородов С.А., Архипов В.В. Экзарация дна Каспийского моря ледяными торосистыми образованиями // Докл. РАН. 2010. Т. 432. № 3. С. 403–407.

Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны, М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 173 с.

Maznev S.V., Ogorodov S.A., Baranskaya A.V., Vergun A.P., Arkhipov V.V., Bukharitsin P.I. Ice-Gouging Topography of the Exposed Aral Sea Bed // Remote Sensing. 11 (113). 2019. P. 1–25.

НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РОССИИ

К.Н. Макаров[1], Г.В. Тлявлина[2], Р.М. Тлявлин[2]

[1] Сочинский государственный университет, г. Сочи; ktk99@mail.ru

[2] НИЦ «Морские берега» (филиал АО ЦНИИС), г. Сочи; tlyavlinagv@tsniis.com

Строительство в береговой зоне требует больших экономических затрат и оказывает колоссальное влияние на природные процессы (литодинамику береговой зоны, экологию прибрежных вод и т.д.). Недостаточная степень проработки проектных решений может привести к экологическим катастрофам и большим финансовым потерям. Поэтому процесс проектирования морских берегозащитных сооружений должен быть четко регламентирован. При этом в регламентах (сводах правил, руководствах и т.п.) должны быть всесторонне рассмотрены все этапы существования сооружений (изыскательские работы, проектирование, строительство, последующая эксплуатация).

В 2015–2016 гг. АО ЦНИИС, в частности его Сочинским филиалом «Научно-исследовательский центр "Морские берега"», был разработан и с 17.06.2017 приказом Минстроя РФ введен в действие СП 277.1325800.2016 «Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования». Этот Свод правил является преемником СП 32–103-97 «Проектирование морских берегозащитных сооружений», который вышел взамен ВСН 183–74 «Технические указания по проектированию морских берегозащитных сооружений».

Для актуализации нормативного документа можно выделить следующие приоритетные направления:

- приведение положений СП в соответствие с действующей нормативной документацией;
- устранение технических ошибок и морально устаревших положений и требований;
- учет современных достижений и тенденций в области морской берегозащиты;
- учет мирового опыта при проектировании и строительстве морских берегоукрепительных сооружений.

Основные концептуальные положения нового СП по проектированию берегозащитных сооружений в бесприливных морях, отличающие его от прежних версий документа:

- во всех случаях исключается перехват наносов сооружениями из вдольберегового их потока. Все проекты пляжеудерживающих сооружений должны предусматривать полное искусственное заполнение их пляжеудерживающей емкости;
- для всех пляжеудерживающих сооружений с целью предотвращения низовых размывов предусматриваются дополнительные отсыпки материала на границах участка проектирования;
- не допускается устройство волноотбойных стен без волногасящей полосы пляжа перед ними.

Таким образом, в качестве основного берегозащитного сооружения в новом СП рассматривается искусственный пляж. Сооружения предназначаются либо для удержания искусственного пляжа от вдольберегового выноса (поперечные сооружения), либо для замены его тыльной части, не достаточной для полного гашения волн в расчетных штормах (продольные волногасящие сооружения в верхней части пляжа). Для снижения транспортирующей способности волнового потока и, соответственно, повышения устойчивости искусственных пляжей, рекомендуются волноломы различных конструкций, в том числе распластанные.

В СП допускаются набросные сооружения в качестве самостоятельных берегозащитных сооружений в прибрежных зонах, не предполагаемых для рекреационного использования.

В новую версию СП по результатам выполненных научных исследований [Макаров, 2013] был внесен раздел по расчету бухтовых галечных пляжей с искусственными мысами под защитой волноломов. Уточнены условия применения берегозащитных сооружений. Рекомендована методика расчета наката волн на берега и сооружения, расположенные в зонах существенно неоднородного рельефа дна [Катлине Коблев, Макаров, 2013]. Откорректированы расчетные коэффициенты для определения параметров сквозных стен.

Рассмотренный СП, как и его предшественники, распространяется только на проектирование берегозащитных мероприятий на берегах бесприливных морей, озер и водохранилищ.

С 31 мая 2019 г. действует Свод правил «Инженерная защита берегов приливных морей. Правила проектирования».

Данный Свод правил разработан впервые и его необходимость обусловлена тем, что в нормативной базе, как РФ, так и других стран, отсутствовали нормативные и методические документы по проектированию берегозащитных мероприятий на приливных морях.

Под приливными морями понимаются моря со средней величиной приливов 1,0 м и более [СП 350.1326000.2018]. Этим определением можно охарактеризовать многие моря, омывающие берега нашей страны, – это моря Арктики (Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское), Дальневосточные моря (Берингово, Охотское и Японское), а также Белое море. В настоящее время проектирование берегозащитных сооружений на них ведется либо по СП 277.1325800.2016, либо с использованием нормативов, имеющих косвенное отношение к проектированию берегозащитных мероприятий.

Однако берега, развивающиеся в условиях преобладающего воздействия волнения (бесприливные моря), и берега приливных морей настолько существенно отличаются по морфологии, что становится необходимым их отдельное рассмотрение.

Специфическими природными условиями приливных морей, обусловленными периодическими колебаниями уровня моря, являются образование особых форм донного рельефа (осушек) и приуроченность абразионных процессов, приводящих к разрушению берегового уступа к уровню сизигийных (наибольших) приливов.

Главная особенность гидродинамического режима приливных морей – это существующее здесь единое «волно-приливное поле» – мощный энергетический фактор прибрежной области [Долотов, 2010; Тлявлина и др., 2016].

Недостаточное научное обоснование проектных решений по берегозащите на морях с приливами в ряде случаев привело к повреждению сооружений. По этой причине, например, были разрушены берегозащитные сооружения на участке Чехов – Холмск Сахалинской железной дороги (1990–1992 гг.), возникали проблемы при строительстве опор моста на остров Русский (г. Владивосток) в 2008 г. и другие.

Во всех случаях расчеты при проектировании велись в соответствии с нормативными документами, а вызвавшие повреждения штормы были рядовыми (не исключительными).

Таким образом, до ввода в действие свода правил по защите берегов приливных морей не было возможности обеспечить надежность и безопасность защитных сооружений на берегах таких морей.

Приливные колебания наблюдаются у берегов многих стран. В наиболее развитых странах до 70 % всей инфраструктуры сосредоточено в прибрежных зонах. Поэтому защите берегов уделяется весьма серьезное внимание. По результатам обзора методов по защите берегов приливных морей за рубежом, были сделаны следующие основные выводы:

1. Для защиты берегов на морях с приливами в разных странах применяются как продольные сооружения в виде берм из фасонных блоков, волнозащитных стен, волногасящих набросок из камня, песчано-гравийных пляжей, так и поперечные сооружения в виде каменно-набросных бун.
2. При этом буны применяются реже и только в комплексе с продольными сооружениями (бермами или волнозащитной стеной). На песчаном побережье буны не показывают высокой эффективности.
3. На песчаных побережьях, например, в Ванкувере (Канада) при величине прилива до 5,0 м, применяются искусственные песчаные мысы с креплением откосов камнем со стороны волноопасного направления.
4. Волноломы применяются при небольшой величине прилива (порядка 1,0 м). Это, по-видимому, связано с тем, что их эффективность в значительной мере зависит от возвышения гребня относительно уровня моря, а также ширины волнолома по этому уровню. Поэтому, не отвергая полностью применение волноломов, можно рекомендовать их при величинах приливов не более 1,5 м.

В 2016 г. в филиале АО ЦНИИС «НИЦ «Морские берега» была выполнена научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа «Разработка методов расчета волногасящих сооружений на приливных морях». Исследования выполнены методом физического (гидравлического) моделирования в волновых бассейнах и лотках.

По итогам работы предложена методика проектирования и расчета волногасящих сооружений на приливных морях, основанная на современных отечественных достижениях науки и техники, технологиях и передовом

опыте стран СНГ. При этом учитывался мировой опыт проектирования и строительства, требования международных и российских нормативных документов.

Результаты указанной научно-исследовательской работы были положены в основу нового нормативного документа – Свода правил «Инженерная защита берегов приливных морей. Правила проектирования».

Разработанный Свод правил содержит общие положения, требования к исходным данным для проектирования, классификацию сооружений инженерной защиты, требования по учету нагрузок и воздействий (волновых и ледовых), а также указания по проектированию сооружений инженерной защиты на берегах приливных морей.

Все положения разработанного Свода правил базируются на результатах научных исследований, направленных на совершенствование методов моделирования и проектирования берегозащитных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долотов Ю.С. Процессы рельефообразования и осадконакопления на приливных побережьях Мирового океана. М.: Научный мир, 2010, 185 с.
2. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Накат волн на берега и сооружения на участках с подводными каньонами // Гидротехн. строительство. 2013. № 8. С. 39–42.
3. Макаров Н.К. Формирование искусственных мысов и бухтовых галечных пляжей под защитой волноломов // Изв. СГУ. 2013. № 4–2. С. 100–107.
4. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов. М.: Стандартинформ, 2018, 217 с.
4. Тлявлина Г.В, Петров В.А., Тлявлин Р.М. Особенности проектирования морских берегозащитных сооружений на приливных морях // Транспортное строительство. № 4. М., 2016. С. 4–6.

МОНИТОРИНГ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS-ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. Марфин[1], О.В. Клубнева[1], В.Н. Шендеров[1], В.Л. Шестопалов[2]

[1] АО «Южморгеология», г. Геленджик; artmarfi@rambler.ru, klubneva@yandex.ru

[2] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону; shestopalov@ssc-ras.ru

Устойчивое развитие природно-хозяйственных комплексов прибрежно-шельфовых зон (ПШЗ) становится важной проблемой для государственных структур управления, которые сталкиваются с проявлениями в этих зонах опасных геологических процессов (ОГП) [Матишов, Артюхин, 2010]. Азово-Черноморское побережье России характеризуется высокой антропогенной и техногенной нагрузкой, интенсивным рекреационным использованием, проявлением экзогенных и эндогенных ОГП.

Сочетание этих особенностей создает высокую природную и техногенную уязвимость данной территории в России и возможный социально-экономический ущерб от проявления ОГП.

В рамках государственного мониторинга состояния геологической среды ПШЗ южных морей России для выявления и оценки интенсивности ОГП береговой зоны Азово-Черноморского побережья АО «Южморгеология» выполняет мониторинг береговых процессов (МБП) с 2004 г. Основная цель мониторинга состоит в фиксации абразионных и оползневых явлений, а также других ОГП в пределах Азовской, Таманской, Геленджикской и Сочинской ПШЗ.

В настоящее время в АО «Южморгеология» основными апробированными методами работ по МБП является фотометрия берегового клифа и GPS-измерения в режиме RTK (Real Time Kinematic), (далее метод RTK) [Глазырин и др., 2013].

Метод фотометрии берегового клифа применяется для качественной характеристики и определения относительной скорости преимущественно экзогенной геодинамики. Фотосъемка производится на типовых участках берегов с постоянной точки, фиксируемой GPS-приемником, с повторением горизонтального, фронтального и бокового угла каждого фотокадра снимаемого плана. В результате за многолетний период выделяются дина-

мические зоны воздействия экзогенных процессов на береговой клиф, средняя скорость отступания клифа и др. (рис. 1).

Изучение опыта аналогичных работ за рубежом показывает, что оптимальное решение поставленных задач может быть достигнуто комплексным применением методов цифровой аэрофотосъемки (АФС), GPS-измерений и дифференциальной интерферометрии (DInSAR) [Buckley et al., 2002]. В таблице 1 приводится классификация качественных характеристик методов по признакам точности координирования, площадного охвата, временного разрешения и стоимости [Глазырин и др., 2015].

Применение метода RTK позволило впервые для региона выявить и численно охарактеризовать уникальное явление – современное тектоническое поднятие района мыса Каменный [Попков и др., 2013].

Недостатком метода является ограниченный доступ для некоторых участков побережья и недостаточное временное и площадное разрешение.

Эффективное использование метода RTK на практике часто требует определения координат базовых станций с высокой точностью. Для решения этой задачи были использованы методы спутниковой геодинамики, позволяющие определять положение фазового центра приёмной антенны с погрешностью не более 3–4 мм в плане и 6–8 мм по высоте [Шестопалов, Илюхин, 2007]. Оперативное определение координат базовой станции выполнялось статическими наблюдениями с периодом 30 сек. в течение 12–24 ч (рис. 3). Полученные измерения обрабатывались пакетом GAMIT.

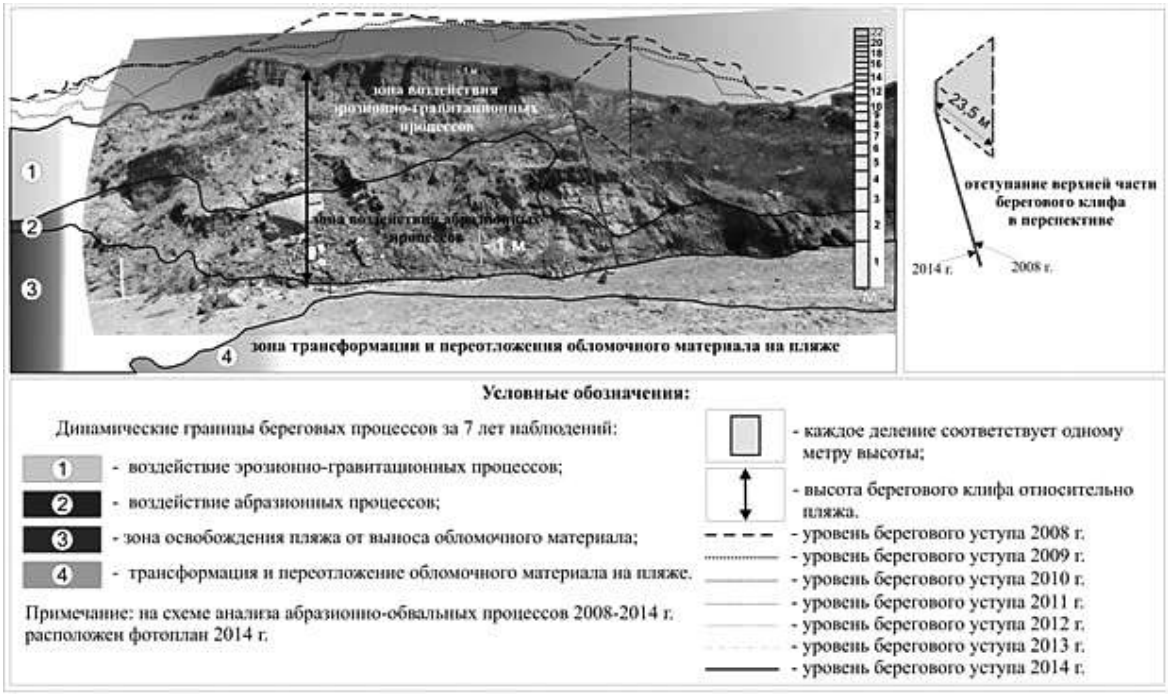


Рис. 1. Фотометрический метод определения величины и скорости трансформации абразионно-оползневого берега Таманского участка восточнее мыса Железный Рог

Таблица 1. Классификация качественных характеристик методов мониторинга береговых зон

Метод	Точность координирования	Площадной охват	Временное разрешение	Стоимость
GPS	Высокая	Низкий	Среднее	Низкая
АФС	Высокая	Высокий	Низкое	Высокая
DInSAR	Низкая	Высокий	Высокое	Высокая

На основе сравнения качественных характеристик методов (табл. 2) был выбран метод RTK, который наиболее эффективно использовался на выбранных эталонных (опорных) участках с дальнейшей экстраполяцией на остальную часть берегового клифа с точностью местоопределения (2–5 см) в режиме реального времени (рис. 2).

Оценка относительной погрешности вычисления площади вычислялась для модели длины береговой линии с использованием методов фрактальной геометрии [Мандельброт, 2002] и не превышала 15 % [Глазырин и др., 2013].

По результатам ежегодных наблюдений наиболее активное отступание берегового клифа в результате абразионных и обвально-оползневых процессов происходит на берегах Азовского побережья (Ейский, Шиловский и Приморско-Ахтарский районы). На берегах Черноморского побережья наиболее активное отступание берегового клифа происходит в Таманском районе, а в Геленджикском и Сочинском районах отступание клифа достаточно медленное (менее 0,1 м/год), за исключением локальных абразионно-оползневых участков.

Рис. 2. Съемка положения кромки клифа методом RTK. Азовское побережье, район мыса Каменный, 2018 г.

Рис. 3. Определение координат базовой станции на мысе Панагия 2018 г.

Приморско-Ахтарский район по характеру абразионных процессов характеризуется наиболее высокими темпами отступания берегового клифа, что подтверждается как результатами фотометрических работ, так и GPS-измерениями. Оценки среднего отступания кромки берегового клифа, полученные методом RTK, были экстраполированы на все исследованные районы береговой зоны (табл. 2).

Таблица 2. Экстраполированные количественные величины отступания кромки берегового клифа по районам береговой зоны

Район береговой зоны	Год	Протяженность абразионно-обвальных берегов, км	Площадь отступания, м^2	Среднее отступание берегового клифа, м
Ейский	2012	71	14200	0,2
	2013	71	7100	0,1
	2014	71	21300	0,3
	2015	71	28400	0,4
	2016	71	63900	0,9
	2017	71	28400	0,4
	2018	71	42600	0,6
	За 7 лет	**71**	**205900**	**0,4**
Шиловский	2012	17	35700	2,1
	2013	17	20400	1,2
	2014	17	15300	0,9
	2015	17	14000	2,0
	2016	17	5100	0,3
	2017	17	4250	0,2
	2018	17	10360	2,8
	за 7 лет	**17**	**105110**	**1,3**
Приморско-Ахтарский	2012	13	5200	0,4
	2013	13	44200	3,4
	2014	13	29900	2,3
	2015	13	10920	0,8
	2016	13	36400	2,8
	2017	13	23400	1,8
	2018	13	15600	1.2
	За 7 лет	**13**	**165100**	**1,8**
Темрюкский	2012	33	13200	0,4
	2013	33	23100	0,7
	2014	33	11220	0,3
	2015	33	9900	0,3
	2016	33	118800	3,6
	2017	33	56100	1,7
	2018	33	–	–
	За 6 лет	**33**	**217800**	**1,1**
Таманский	2012	41	32800	0,80
	2013	41	8200	0,20
	2014	41	32800	0,80
	2015	41	47970	1,17
	2016	41	22140	0,54
	2017	41	27880	0,68
	2018	41	31980	0,78
	за 7 лет	**41**	**287004**	**0,71**

Данные таблицы 2 показывают, что общая площадь отступания за 7 лет в этих районах составила около 98 га плодородной пахотной земли.

Разработанная комплексная технология мониторинга опасных геологических процессов Азово-Черноморской береговой зоны может быть достаточно эффективным инструментом мониторинга береговых зон других морей РФ.

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания Южного научного центра РАН, № гос. регистрации проекта № 01201354241, и целевой программы Роснедра «Геолого-геофизические работы по прогнозу землетрясений» (использованы геологические материалы, полученные по контракту № 02/2018-04-ЮРЦ(02)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазырин Е.А., Марфин А.А., Шестопалов В.Л. и др. Инновационные технологии мониторинга геодинамического состояния прибрежно-шельфовой зоны морей // Геология морей и океанов: мат-лы XX Междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии. Т. IV. М.: ГЕОС, 2013. С. 213–216.
2. Глазырин Е.А., Марфин А.А., Клубнева О.В., Шестопалов В.Л. Опыт мониторинга береговых процессов Азово-Черноморского побережья Российской Федерации. Science Technology and Life-2015. Proceedings of materials the Int. scientific conf. Chech Republic, Karlovy Vary – Russia, Moscow (24–25 Dec., 2015). 2015. P. 518–531.
3. Матишов Г.Г., Артюхин Ю.В. Проблемы изучения берегов морей и задачи научного обеспечения их освоения (к 100-летию профессора В.П. Зенковича) // Вестн. Южного научного центра. Т. 6. № 2. 2010. М.: Наука, 2010. С. 21–27.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.
5. Попков В.И., Глазырин Е.А., Фоменко В.А. и др. Катастрофическое тектоническое событие лета 2011 г. на Таманском полуострове // Докл. Академии наук. 2013. Т. 448. № 6. С. 680–683.
6. Шестопалов В.Л., Илюхин С.Р. Исследование геодинамики региона Крым – Западный Кавказ методами GPS-измерений // Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 3. С. 34–36.
7. Buckley S.J., Mills J.P., Clarke P.J. et al. Synergy of GPS, photogrammetry and insar for coastal zone monitoring // 7th Int. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Miami, Florida, 20–22 May, 2002. P. 37–41.

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БЕРЕГОВ БЕРИНГОВА И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ

А.А. Маслаков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; alexey.maslakov@geogr.msu.ru

Современные климатические изменения в Арктике и связанные с ним последствия (рост температуры воздуха и многолетней мерзлоты, сокращение ледового покрова морей и т.д.) приводят к активизации деструктивных береговых процессов. Отступание прежде стабильных и рост темпов разрушения эрозионных морских берегов, сложенных рыхлыми мёрзлыми породами, отмечается во многих высокоширотных районах [Lantuit et al., 2012]. Береговой размыв изменяет сток пресных вод и осадков в океан, а также повышает риски при эксплуатации инженерных сооружений.

Для региона Берингова и Чукотского морей характерно преобладание (около 80 %) абразионных типов берегов, современная динамика которых изучалась на ключевом участке абразионно-термоденудационного берега, расположенного вблизи пос. Лорино (Мечигменский залив, рис. 1). Визуальные исследования состояния берега также исследовались в посёлках Уэлен, Инчоун и Лаврентия. Использование архивных данных, космических снимков, наземных геодезических измерений и съёмки БПЛА позволило определить временну́ю изменчивость скоростей отступания берега в Лорино за последние 50 лет (1967–2017 гг.). Изменение положения бровки и основания берегового уступа позволили определить объёмы выносимого в море материала, а также провести анализ взаимосвязи динамических и геоморфологических характеристик участка морского побережья.

Исследования выявили рост скоростей термоабразии практически на порядок: с менее чем 0,5 м/год за период 1967–2010 гг. и до 4,2 м/год – за 2014–2017 гг. При этом величина отступания западной половины изучаемого участка берега оказалась вдвое меньше, чем восточной: ширина разрушенного за 50 лет берегового уступа здесь составила 18,1 м против 42,6 м, что объясняется морфологическими параметрами берега, эрозионной прочностью обнажаемых отложений, а также преобладающими экзогенными процессами.

Отмеченный рост скорости отступания берега может продолжиться, что в ближайшие годы приведёт к разрушению сооружений посёлка Лорино, в первую очередь шедов звероферм.

За 2011–2017 гг. в других поселениях, расположенных по берегам Чукотского и Берингова морей, Уэлен, Лаврентия, Инчоун – обнаружены следы размыва аккумулятивных берегов, зачастую сопровождаемые разрушением инженерных построек и объектов инфраструктуры.

Сложившаяся ситуация типична не только для Российской части Чукотского сектора Арктики: некоторые береговые поселения западной Аляски (например, Шишмарёф, Кивалина и др.), расположенные на мёрзлых дисперсных берегах, теряют свою территорию за счёт усилившегося волнового воздействия [https://www.commerce.alaska.gov/web/]. Сейчас в них ведётся работа по переселению местного населения на более безопасные для проживания территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке научного проекта РФФИ «Термоабразия морских берегов Российской Арктики» (проект 18-05-60300).

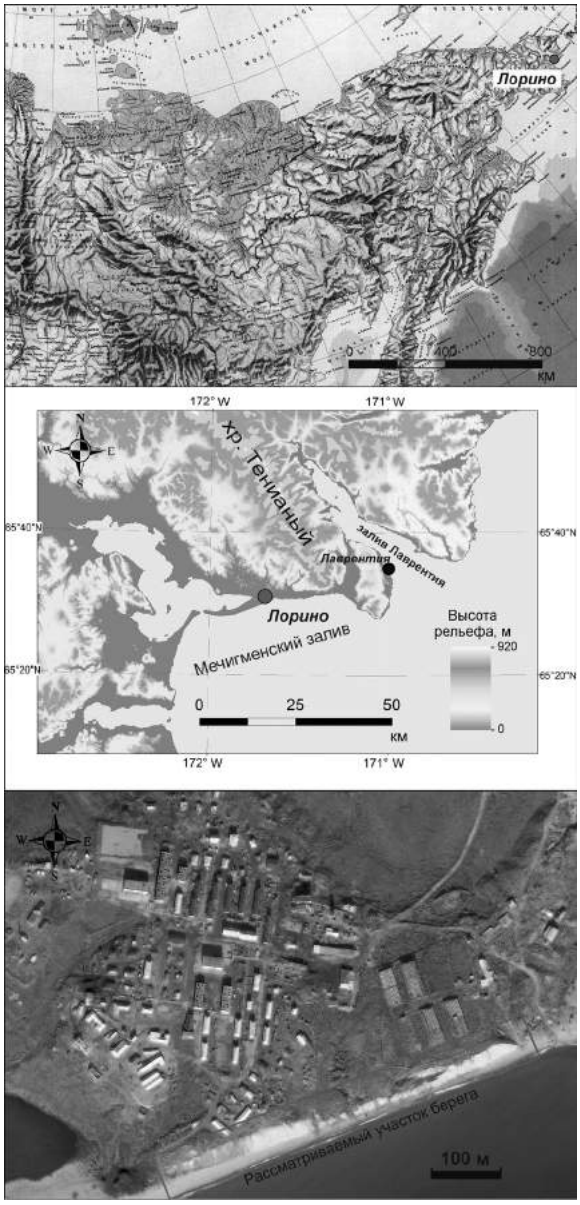


Рис. 1. Расположение мониторингового участка морского берега в пос. Лорино [Маслаков, 2019]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслаков А.А. Динамика берегов Берингова моря в районе поселка Лорино (Чукотский автономный округ) // Криосфера Земли. 2019. Т. 23. №. 1. С. 28–39.
2. Department of Commerce, Community, and Economic Development. State of Alaska. URL: https://www.commerce.alaska.gov/web/ (дата обращения: 13.05.2019).
3. Lantuit H., Overduin, P.P., Couture, N., et al. The Arctic coastal dynamics database: a new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines // Estuaries and Coasts. Vol. 35. №. 2. 2012. P. 383–400.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНОЧНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ БЕРЕГОВЫХ ПРИМЫКАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПО УСЛОВИЯМ СТРОИТЕЛЬСТВА

С.Г. Миронюк, О.М. Касимова
ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова», г. Москва
mironyuksg@gmail.com

Наиболее сложными для строительства и эксплуатации трубопроводов являются участки береговых примыканий, где происходит резкая смена инженерно-геологических условий. На Черноморском побережье Краснодарского края в зависимости от локальных природных условий применялись различные способы строительства морских трубопроводов в береговой зоне (укладка трубопровода в предварительно подготовленную траншею, методом горизонтально направленного бурения, микротоннелирования и др.). Для обеспечения наибольшего уровня безопасности трубопроводов на участке перехода «суша – море» целесообразно на самых ранних этапах проектирования использовать различные дистанционные материалы, прежде всего данные космической съемки. Дешифрирование космоснимков является быстрым и относительно дешевым методом для получения информации об особенностях инженерно-геологической обстановки больших территорий и выбора наиболее благоприятного в инженерно-геологическом отношении участка выхода трубопроводов на берег.

Характерной особенностью кавказских берегов Чёрного моря является широкое распространение оползней и обвалов [Миронюк, Ионов, 2019]. Маршрутные наблюдения, дешифрирование космоматериалов, фондовые данные свидетельствуют, что наибольшей плотностью оползней, в сравнении с другими береговыми участками Чёрного моря, характеризуется побережье полуострова Абрау. Дешифрирование крупномасштабных космических снимков показало, что наиболее крупные оползневые тела развиты в северо-западной части района работ и приурочены к зоне Утришского разлома. Оползни, обвалы приурочены к крыльям антиклинальных складок, падающих в сторону моря, и прослеживаются на морском дне до глубины 50 м.

По мнению В.Л. Болдырева [Болдырев, 1957], оползни-обвалы являются древними (новоэвксинскими) и образовались при значительно более низком, чем в настоящее время, уровне моря. С.А. Несмеянов [Несмеянов, 1992] идентифицировал блочные оползни в зоне изученного им Утришского сброса с так называемыми блоками гравитационно-тектонического отседания, не исключая участие в их образовании и сейсмовибрационного фактора. А.Б. Островский первый высказал предположение о том, что оползни-обвалы в полосе побережья Чёрного моря являются «палеосейсмотектоническими дислокациями» и были созданы 9-балльными и более сильными землетрясениями [Островский, 1970].

Оползневые и другие экзогенные процессы являются одним из наиболее динамичных элементов инженерно-геологической обстановки и требуют систематических наблюдений, в т.ч. с использованием дистанционных методов.

На глобальном уровне генерализации снимков осуществляется выделение крупных областей, соответствующих определенным элементам геотекстуры с преобладающим развитием основных групп экзогенных процессов (аккумулятивных, денудационных и гравитационных) и их парагенетических сочетаний. На данном уровне в качестве дешифровочного признака ведущую роль играет фототон изображения [Книжников и др., 2004; Садов, Ревзон, 1979].

На региональном уровне отчетливо устанавливается связь морфоструктур различного порядка с генетическими типами экзогенных процессов, формирующих определенные типы морфоскульптуры. В большинстве случаев экзогенные процессы рассматриваются как индикаторы морфоструктур и их элементов. При дешифрировании снимков несколько большее значение приобретают рисунок и фототон изображения.

Локальный уровень генерализации позволяет выявлять все основные типы морфоскульптуры (эрозионные, оползневые, обвально-осыпные, карстовые формы рельефа и пр.) и их элементы. На локальном уровне генерализации возможно получение необходимой информации для выявления особенностей распространения генетических типов экзогенных процессов, их морфологического выражения, экспозиции склонов, густоты и глубины эрозионного расчленения территории и связи с общей геоморфологической обстановкой, определение возрастных генераций различных форм. Значительно возрастает роль рисунка фотоизображения, так как многие микроформы рельефа получают на снимках интегральное выражение, образуя различного рода полосчатость, пятнистость и зернистость рисунка фотоизображения ландшафта или их сочетания.

По снимкам детального уровня генерализации выявляются особенности форм рельефа и их элементов, что позволяет не только детально изучить и закартировать отдельные очаги проявления экзогенных процессов, но и выявить их связи с элементами геоморфологической, геолого-литологической и гидрогеологической обстановки. Это, в свою очередь, дает возможность установить стадии развития экзогенных процессов, построить эволюционные ряды их развития, количественно оценить степень их активности. Основными дешифровочными признаками служат конфигурация экзогенных форм рельефа и их размеры [Садов, Ревзон, 1979].

В настоящее время наименее разработанным и в то же время наиболее перспективным методом изучения Земли из космоса является многозональная съемка. В основе многозональной съемки лежит получение ряда раздельных изображений в узких частях спектра. В основном для интерпретации данных со снимков используются различные комбинации спектральных каналов.

Для обеспечения большей полноты и надежности информации, получаемой с помощью аэрокосмических методов в процессе инженерно-геологических исследований, целесообразно их комплексное применение, заключающееся в использовании снимков различного масштаба и совместном использовании различных видов съемок [Садов, 1974].

Для оценки морских побережий по данным дистанционного зондирования нами использовалась методика, состоящая из 3 этапов:

1. Последовательное дешифрирование разномасштабных аэрокосмоснимков: от мелкомасштабных до крупномасштабных.
2. Пространственное сопоставление полученных результатов дешифрирования с имеющимся комплексом геолого-геофизических материалов.
3. Составление разномасштабных карт и схем различного содержания.

Первый этап подразумевает последовательное дешифрирование аэрокосмоснимков от мелкомасштабных до крупномасштабных. На мелкомасштабном уровне дешифрирования использовались космические снимки Landsat с разрешением 30 м. В ходе последовательного дешифрирования были использованы следующие типы космических снимков Landsat: Landsat ETM+ Compressed Mosaics, Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+), Landsat 4–5 Thematic Mapper (TM) и др.

Рис. 1. Схема оценочного районирования территории северо-восточного побережья Чёрного моря по условиям строительства трубопроводов

На втором этапе работ результаты дешифрирования дистанционных материалов сопоставлялись с различными геологическими материалами, главным образом, для выявления дешифровочных признаков различных структур, процессов и явлений, а также для получения дополнительной информации при районировании территорий по уровню благоприятности для прокладки трубопроводов.

На заключительном этапе создаются схемы распространения различных неблагоприятных геологических факторов и схемы районирования изучаемых территорий по степени благоприятности для строительства трубопроводов. Выделяются три категории территорий:

– благоприятные (минимум негативных инженерно-геологических факторов или их полное отсутствие);
– относительно неблагоприятные (несколько осложняющих факторов с невысокой интенсивностью проявления);
– неблагоприятные (с наибольшим количеством осложняющих факторов и высокой интенсивностью их проявления).

Применительно к территории северо-восточного побережья Чёрного моря дешифрирование разных видов дистанционных материалов дало следующие результаты. Мелкомасштабные космические снимки Landsat позволили выявить структурно-обусловленные положительные элементы рельефа, определить густоту и глубину расчленения рельефа, отдешифрировать русла рек, ручьев, оврагов и балок, крупные дизъюнктивные нарушения, выявить проявление процессов речной и овражно-балочной эрозии и область вдольберегового перемещения наносов. Крупномасштабные космические снимки Google позволили определить типы берегов (абразионные, аккумулятивные и техногенно измененные), выявить проявления процессов абразии, аккумуляции, а также отдешифрировать пролювиальные конусы выноса и оползни.

На изученную территорию составлена схема оценочного районирования побережья с выделением благоприятных, относительно неблагоприятных и неблагоприятных районов по условиям строительства газопроводов (рис. 1). На схеме по «светофорному» принципу красным цветом выделены неблагоприятные районы, желтым – относительно неблагоприятные, зеленым – благоприятные.

Таким образом, использование дистанционных материалов на начальных этапах проектирования позволяет получить информацию о различных факторах, осложняющих строительство и эксплуатацию газопроводов, и позволяет выполнить качественную интегральную оценку геологической опасности морских побережий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырев В. Л. Обвально-оползневой тип берега // Тр. Ин-та океанол. Т. XXI. М., 1957. С. 118–132.
2. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд. центр «Академия», 2004. 336 с.
3. *Миронюк С.Г., Ионов В.Ю.* Опыт и проблемы оценки устойчивости обвально-оползневых склонов морских побережий (на примере хр. Семисам, Краснодарский край) // Опасные для строительства геологические процессы: сб. мат-лов Междунар. семинара, посвященного 70-летию доктора геолого-минералогических наук В.П. Хоменко. МИСИ; МГСУ. М., 2019. С. 33–38.
4. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа. М.: Недра, 1992. 254 с.
5. 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.
6. Садов А.В. Аэрокосмические методы и дешифрирование: справочник по инженерной геологии / 2-е изд. М.: Недра, 1974. С. 146–153.
7. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 233 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С.А. Мисиров[1, 2], Л.А. Беспалова[2], О.А. Хорошев[1]
[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2] Южный федеральный университет, Институт наук о Земле, г. Ростов-на-Дону
amir.misirov@yandex.ru, bespalowaliudmila@yandex.ru, ourregion@mail.ru

Мониторинг опасных экзогенных геологических процессов на берегах Азовского моря проводится уже около 50 лет. Основой этого мониторинга является реперная сеть, которая насчитывает 60 опорных точек. Протяженность зоны исследования составляет более 1000 км. В результате этих исследований выявлены основные закономерности развития морских берегов Азовского моря. Установлено, что широкое развитие на побережье

получили абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов, размыв аккумулятивных тел (кос, пляжей), затопление прибрежных территорий в результате нагонного повышения уровня. Наиболее масштабными опасными процессами следует признать абразионные и абразионно-оползневые разрушения береговых обрывов; эти процессы охватывают 80 % морского побережья [Матишов и др., 2015].

Несмотря на хорошую изученность, значительные участки берега между опорными точками, а также труднодоступные участки берега остаются не охваченными процессом мониторинга. Одним из возможных способов решения этих проблем является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Цель проводимых исследований – оценка возможности использования БПЛА при исследования морфологических и морфометрических характеристик берегов и осуществления мониторинга береговых процессов водоемов, подверженных проявлению опасных экзогенных геологических процессов. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить условия и режимы использования БПЛА для наблюдения за береговыми процессами.
2. Проанализировать программное обеспечение, для обработки фотоматериалов, полученных с помощью БЛА.
3. Отработать методику оценки морфологических и морфометрических показателей берегов различных типов, с применением БПЛА и программного обеспечения для обработки цифровых снимков.

В ходе решения поставленных задач применялся БПЛА "Phantom-3 Professional" производства компании DJI. В заводской комплектации БПЛА оснащен установленной, стабилизированной по трем осям камерой с разрешением 12 мегапикселей и углом обзора 94°.

Обработка снимков проводилась в программном комплексе PhotoScan производства компании Agisoft (Россия) по лицензии на временное (пробное) использование.

Этот программный продукт позволяет обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB, или мультиспектральных камер (включая мультикамерные системы), преобразовывать снимки в плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, геопривязанные ортофотопланы и цифровые модели рельефа местности (ЦМР/ЦММ) [Руководство пользователя … 2016].

В последующем созданные слои могут использоваться для классификации типов берегов, вычисления морфологических и морфометрических характеристик, так как согласно инструкции, для моделей с заданным масштабом "Agisoft PhotoScan" также позволяет измерять расстояния и рассчитывать площадь поверхности и объем [Руководство пользователя … 2016].

Для определения типа берега и его морфометрических характеристик использовался слой «ортофотоплан» (вид сверху), основой которого была цифровая модель местности, такая связка дает возможность проводить измерения различных характеристик берега.

Основными морфометрическими показателями абразионного берега, которые характеризуют его особенности, являются высота клифа (*h*) (береговой уступ), ширина абразионной ступени (АС); уклон склона (*i*)); задернованность склона (свидетельствующая об интенсивности процесса); наличие прислоненного пляжа или бенча. Эти показатели определялись на ортофотоплане путем построения профиля берегового обрыва с использованием функции «профиль».

В зависимости от высоты клифа и геологического строения выделяются следующие подтипы абразионных берегов: абразионно-обвальный, абразионно-осыпной, абразионно-фестончатый, отмерший абразионный клиф [Мамыкина, Хрусталев, 1980].

Абразионно-обвальный – самый распространенный подтип абразионного берега. Основной физический процесс на этих берегах – обвальные явления (рис. 1; табл. 1).

Рис. 1. Абразионно-обвальный подтип берега (район с. Стефанидинодар): а) фото с БПЛА; *б)* профиль (АС – абразионная ступень; *h* – высота абразионной ступени).

Абразионно-осыпной берег имеет значительные уклоны. Участок абразионно-осыпного берега высотой 27 м представлен к востоку от хут. Павло-Очаково (табл. 1). Склон слегка задернован, но имеются свежие осыпи, свидетельствующие об активности процесса. В основании обрыва наблюдается аккумуляция материала в виде небольших мысов (рис. 2). Преобладающий береговой процесс – образование осыпей, обусловленных наличием в береговом обрыве, помимо суглинков, более рыхлых супесей.

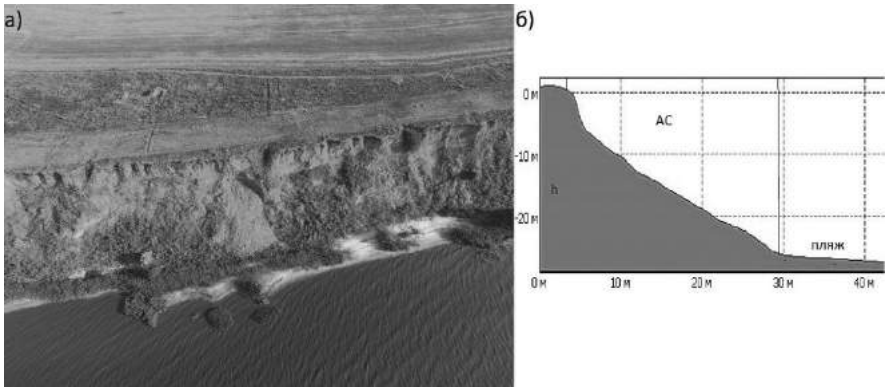


Рис. 2. Абразионно-осыпной подтип берега (к востоку от хут. Павло-Очаково):
а) фото с БПЛА; *б)* профиль

Таблица 1. Результаты определения морфометрических показателей абразионных типов берегов

Тип берега	Абразионная ступень					Пляж		
	Высота клифа (h), м	Уклон (i), (°)	Тип склона [Брауде, 2002]	Ширина (АС), м	Литология пород, слагающих берег [Артюхин, 1989]	Ширина (м)	Уклон(°)	Тип уклона
Абразионно-обвальный	20,5	40,6	Чрезвычайно крутой	22	Суглинки	20	7,6	Покатый
Абразионно-осыпной	27	46,6	Обрывистый	25	Суглинки, супесь	16	8,8	Покатый
Отмерший клиф	6,2	37,8	Чрезвычайно крутой	8	Суглинки	–	–	–

Абразионно-оползневые берега. В Таганрогском заливе наибольшее распространение получили циркообразные оползни. Берега относительно приподняты, в основании обнажаются неогеновые песчано-глинистые отложения [Зенкович, 1958].

Для определения морфометрических показателей оползней и процессов их деградации выбран участок берега к востоку от Павло-Очаковской косы. Оползень относится к типичным оплывинам и имеет циркообразную форму (рис. 3).

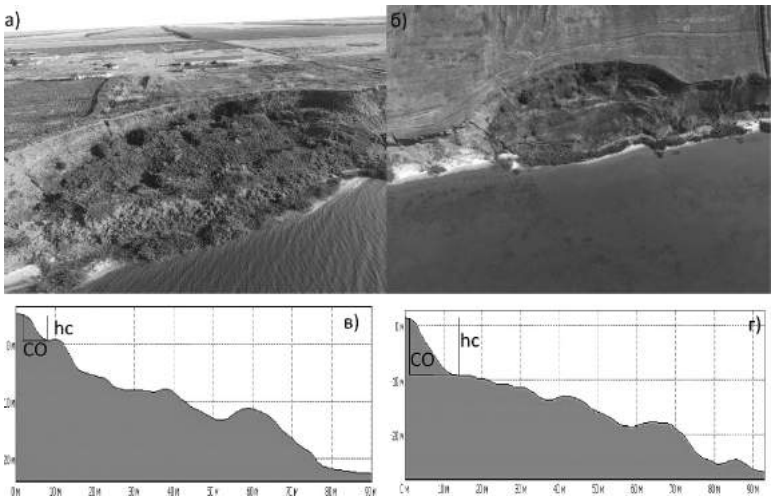


Рис. 3. Оползень к востоку от Павло-Очаковской косы: а) фото с БПЛА, 2016 г.; *б)* фото с БПЛА, 2018 г.; *в)* профиль оползневого тела, 2016 г.; *г)* профиль оползневого тела, 2018 г. (СО – стенка отрыва; h_c – высота стенки отрыва)

Повторный мониторинг с БПЛА позволил оценить степень деградации оползневого тела на основе изменившихся морфометрических показателей. Тело оползня активно размывается, что видно при сравнении съемки 2016 и 2018 гг. Высота стенки отрыва оползня увеличилась с 5,4 до 8,0 м., что свидетельствует о постепенном «сползании», а мощность оползневого тела на расстоянии 30 м от стенки отрыва сократилась на 0,5 м (табл. 2).

Таблица 2. Морфометрические характеристики абразионно-оползневого берега

Тип берега		Высота клифа (м)	Периметр цирка (м)	Площадь ($м^2$)	Высота главного уступа (м)
Оползневой	2016 г.	26,5	426	8347	5,4
	2018 г.	26,5	220	7612	8

Проведенные исследования показали, что полученные фотоматериалы, полученные при помощи с БПЛА, могут использоваться для мониторинга береговых процессов и детализации типов берегов Азовского моря. Обработанные фотоматериалы с БПЛА с использованием инструментария программы AgisoftPhotoScan позволяют проводить детальные морфометрические исследования берегов всех типов, заменив тем самым трудоёмкие полевые работы, а также осуществлять мониторинг береговой зоны малодоступных участков.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхин Ю.В. Антропогенный фактор в развитии береговой зоны моря Изд-во Рост. ун-та, Ростов н/Д, 1989. 142 с.
2. Брауде И.Д. Деградация и охрана почв / под ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
3. Зенкович В.П. Берега Чёрного и Азовского морей. М.: Географгис, 1958. 373 с.
4. Мамыкина В.А., Хрусталев Ю.П. Береговая зона Азовского моря / отв. ред. О.К. Леонтьев. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 174 с.
5. Матишов Г.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. Эколого-географический анализ морского побережья Ростовской области // ДАН. 2015. Т. 460. № 1. С. 88.
6. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.2 [Электронный ресурс]. 2016. URL: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf (дата обращения: 10.09.2018).

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА ДНА МОРЯ ГИС-МЕТОДАМИ

А.Б. Муркалов
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса
physgeo_onu@ukr.net

Надводная и подводная части береговой зоны неотделимы друг от друга. Динамические изменения в одной из них вызваны и сопровождаются изменениями в другой [Зенкович, 1962]. Надводная часть береговой зоны доступна для изучения геодезическими, литологическими, описательными и другими методами. Для изучения же подводной части эти методы остаются трудноосуществимыми. Рельеф дна изучается главным образом по результатам гидрографических промеров, океанографическими, геофизическими и другими методами.

Деформации (динамические знакопеременные изменения) рельефа дна определяются главным образом гидрологическим режимом акватории: перемещением, трансформацией, разрушением волн, развитием разнообразных течений [Леонтьев, 2001]. Изучение гидро- и литодинамических процессов достаточно сложно и трудоемко. Применение ГИС позволяет восстановить динамику рельефа дна моря косвенно – путем обработки повторных промеров, автоматизировать и стандартизовать изучение его морфологии

и морфометрии [Новикова и др., 2017]. При этом облегчается решение профильных и плановых задач, построение изолиний.

В отличие от метода расчета деформаций дна на моделях, использование ГИС позволяет обрабатывать данные прямых полевых измерений. В результате получают пространственные морфометрические и динамические характеристики рельефа дна: статистические характеристики глубин, величину и знак деформаций, скорости деформаций, площадные и объемные изменения [Корзинин, 2012]. Точность полученных результатов зависит от расстояния между точками и профилями промера, глубины промера и величины деформаций дна в определенный промежуток времени корректирующих параметры ЦМРД (цифровой модели рельефа дна). Использование ГИС в береговых исследованиях позволяет также изучать и прогнозировать опасные явления: размыв, заносимость, деформации дна, их пространственную и временную изменчивость.

Изучение динамики рельефа дна моря ГИС-методами реализуется путем выполнения ряда задач. Все приведенные операции выполняются коммерческими и свободными ГИС.

1. Создается база данных глубин с точной пространственно-временной привязкой, приведенная к единым показателям уровня моря. Она представлена исходным файлом глубин, полученным при обработке результатов промерных работ – *x, y, z*. Атрибуты файла: название, время промера, пространственные координаты *(x, y)* и глубина *(z)* (рис. 1А, Б).

2. Путем интерполяции точек глубин, с учетом вида, точности и глубины промера строится ЦМРД (рис. 1В).

3. Файлы ЦМРД за разные промежутки времени должны быть одинаковыми по площади и границам акватории, параметрам ЦМРД, примененному методу интерполяции (и сглаживания, фильтрации).

4. Статистические характеристики глубин получаются по отметкам отдельных точек путем построения SQL-запросов и по ЦМРД, путем определения статистических характеристик модели, определения площадей и объемов, ограниченных отдельными изобатами.

5. Объемы, знак и величина деформаций дна получаются при выполнении операций вычитания, деления и определения площадей / объемов между двумя ЦМРД, полученным за разный промежуток времени.

6. Визуализация деформаций дна выполняется путем построения плана-схемы (карты-схемы), трехмерной модели, нанесения изолиний и построения цветовой шкалы (рис. 1Г).

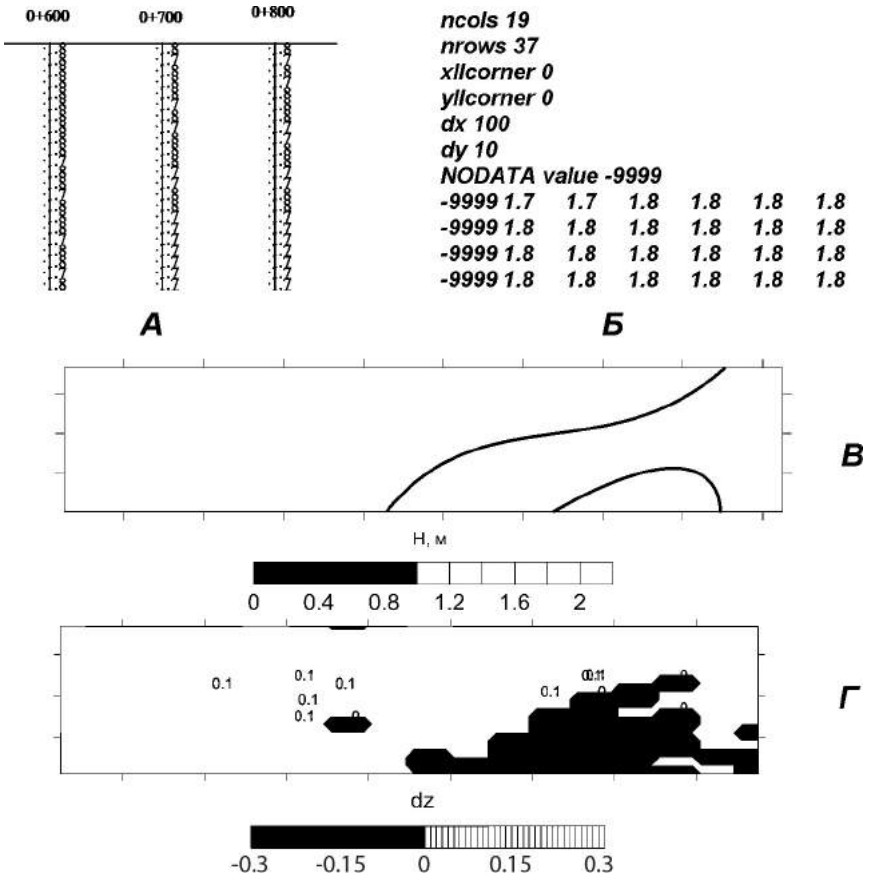


Рис. 1. Результаты этапов анализа динамики рельефа дна моря: А – фрагмент плана промера глубин; Б – файл глубин акватории в формате *.asc; В – ЦМРД; Г – план деформаций рельефа дна

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
2. Корзинин Д.В. Динамика рельефа береговой зоны северного побережья Самбийского полуострова (Юго-Восточная Балтика): автореф. дис. … канд. геогр. наук: 25.00.25 (геоморфология и эволюционная география). М.: МГУ, 2012. 25 с.
3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001. 272 с.
4. Новикова А.М., Каширина Е.С., Новиков А.А., Полонский А.Б., Панкеева Т.В. ГИС в морских исследованиях: мировой опыт и возможности его применения на примере черноморского региона // Тр. Карадагской науч. станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2017. № 1 (3). С. 54–66.

ОПАСНЫЕ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

С.А. Огородов
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
ogorodov@aha.ru

В связи с развитием Северного морского пути и строительством многочисленных сооружений нефтегазовой и транспортной инфраструктуры побережье и шельфы арктических морей России стали в настоящее время районами первоочередного освоения в Арктической зоне Российской Федерации. Важнейшим фактором, лимитирующим условия освоения указанных районов, является холодный климат, характеризующийся низкими температурами, определяющими продолжительный ледовый сезон и широкое распространение многолетнемерзлых пород в береговой зоне. В таких условиях два основных рельефообразующих процесса определяют строение и динамику береговой зоны моря. Это береговые абразионно-аккумулятивные и ледово-экзарационные процессы.

Согласно определению, абразия – процесс разрушения берегов и подводного склона. Применительно к морям криолитозоны, берега которых сложены дисперсными льдистыми породами, помимо механической абразии, развивающейся под действием волн и штормовых нагонов, выделяют также и термическую, развивающуюся в процессе оттаивания льдистых мерзлых пород в результате контакта с водой и воздухом. На самом деле волновой и термический факторы работают одновременно, поэтому правильно определять термоабразию как единый термомеханический процесс [Копа-Овдиенко, Огородов, 2016]. От трети до половины протяженности береговой линии арктических морей России сложено дисперсными льдистыми отложениями и охвачено процессом термической абразии. В естественных условиях морей Российской Арктики такие берега могут разрушаться со среднемноголетней скоростью от 1 до 3 м в год. Термоабразионные берега чрезвычайно чувствительны к изменению гидрометеорологического режима. Одним из следствий глобального потепления климата является заметная активизация термоабразии берегов в последнее десятилетие, обусловленная изменением термического и ветро-волноэнергетического режимов, а также повышением уровня моря. Увеличение продолжительности динамически активного периода и длины разгона волн ведет к усилению воздействия волн на берег, что, несомненно, сказывается на динамике берегов, вызывая усиление их разрушения. Особенно заметно потепление климата проявляется в динамике берегов, сложенных многолетнемерзлыми грунтами. На некоторых участках арктических морей России такие берега в последние годы разрушаются со скоростью до 5–10 м в год. За год только в пределах арктического побережья Россия теряет территорию, сопоставимую с площадью небольшого европейского государства, например такого, как княжество Лихтенштейн.

Экзарация (выпахивание) – деструктивное механическое воздействие льдов (морских льдов и айсбергов) на подстилающую поверхность, в результате которого в рельефе береговой зоны замерзающих морей появляются характерные ледово-экзарационные формы выпахивания и выдавливания: борозды, ямы, валы. Механическое воздействие ледяного покрова на берега и дно связано с динамикой и дрейфом морских льдов, их подвижностью, торошением и стамухообразованием под влиянием гидрометеорологических факторов и первичного рельефа береговой зоны. В морях Российской Арктики экзарация захватывает участки берега до 10–15 м выше

уровня моря на суше и до глубин 15–30 м на дне, а в ряде регионов даже до глубин 50–65 м. И это не случайность. Прямыми наблюдениями с подводных лодок зафиксированы кили крупных торосистых образований – ледяных островов, достигающие в пределах зоны многолетних паковых льдов глубины 50 и более метров. Ледяные торосистые образования, сформировавшиеся из многолетних морских льдов высокой прочности, при своем движении под действием течений, ветра, нагрузок ледяных полей, способны выпахивать дно на глубину до 4 м. Предельная глубина шельфа, на которую распространяется динамическое воздействие айсбергов в Российской Арктике, документально не определена, но в условиях арктического бассейна, по-видимому, может достигать не менее 100–150 м. В районах разгрузки ледников и массового распространения айсбергов на дне обнаружены ямы, вмятины и борозды, глубиной до 10 м. Протяженность некоторых ледово-экзарационных форм может достигать нескольких километров. Климатические изменения последних десятилетий также оказали заметное влияние на процесс экзарации в арктическом бассейне. В целом на фоне снижения продолжительности ледового сезона и мощности ледяного покрова, отмечено общее снижение интенсивности воздействия ледяных образований – торосов и стамух на дно [Огородов и др., 2018]. Область экзарации сместилась ближе к берегу. Вместе с тем отмечена активизация ледников и усиление сброса айсбергов.

Термоабразия и ледовая экзарация – два ведущих рельефообразующих процесса в береговой зоне морей Российской Арктики – переходят в категорию опасных, если способны осложнить условия строительства и функционирования инфраструктуры освоения на шельфе и берегах, вызвать дополнительные непроизводственные затраты на защиту промышленных и гражданских объектов, а в ряде случаев привести их к разрушению, авариям на линейных гидротехнических и нефтегазотранспортных сооружениях, пересекающих береговую черту, что в итоге может привести к катастрофическим экологическим последствиям.

В настоящее время начинается новый этап освоения отдаленных месторождений на побережье и шельфе арктических морей. На побережьях и в прибрежно-шельфовой зоне эксплуатируется и ведется строительство различных сооружений: нефтенакопительных терминалов, буровых и добывающих платформ, подводных трубопроводов, портов, других производственных и жилых объектов инфраструктуры. Обустройство месторождений и создание инженерных объектов, необходимых для хранения и транспортировки углеводородов в суровых условиях Арктики и других замерзающих морей диктует необходимость полноценного учета природных факторов, определяющих геоэкологическую и геотехническую безопасность. Наиболее уязвимыми являются подводные трубопроводы и кабели связи, пересекающие береговую черту. Так, оголившиеся в результате абразии, они могут подвергнуться воздействиям морских льдов.

Однако, как показывает практика, в ряде случаев строительство и эксплуатация этих объектов ведется без должного учета особенностей динамики берегов в криолитозоне и воздействия ледяного покрова на берега и дно. К сожалению, на объектах нефтегазового освоения имеется множество примеров, когда проектирование и строительство, проведенные без учета береговых процессов и ледовых воздействий, привели к возникновению аварийных ситуаций и большим материальным потерям. Грамотный выбор места выхода подводного трубопровода на наиболее стабильный участок берега и оптимальный расчет глубины его укладки (вне досягаемости ледовых воздействий) в значительной степени определяют геотехническую безопасность инженерного сооружения и геоэкологическую безопасность окружающих территорий и акваторий. Проект прокладки трубопровода через береговую черту также должен учитывать возможные изменения гидрометеорологического режима на период строительства и эксплуатации сооружения. К сожалению, отнюдь не всегда все эти условия выполняются. Нарушения действующих Руководств и СНиПов могут иметь место как на этапе изысканий и проектирования, так и в период строительства и эксплуатации.

В качестве примера можно привести опыт строительства первой очереди подводного нефтепровода от Варандейского берегового резервуарного парка (БРП) в береговой зоне Печорского моря. Согласно проекту, предполагалось уложить трубопровод в 2-метровую траншею, заложенную на подводном береговом склоне от уреза до глубины моря 12 м. Для прокладки траншеи было изготовлено специальное плужное устройство, такое, каким обычно пользуются при строительстве подводных переходов трубопроводов через крупные реки (рис. 1а). Прокладка дюкера осуществлялась опережающими темпами. В начале июня, как только море очистилось ото льда, строители приступили к пропашке траншеи. Однако все попытки сдвинуть плужное устройство с места не увенчались успехом. И неудивительно: плуг уперся в слой сезонно-мерзлых грунтов, сформировавшихся здесь на контакте с припаем за длительный холодный сезон. Вместо того чтобы дождаться конца августа и повторить попытку, дюкер проложили по поверхности, присыпав его слоем щебня. Строители отчитались о досрочной сдаче объекта и уже в августе-сентябре через него первая нефть пошла на танкеры.

Следует заметить, что весь предшествующий год под нужды строительства БРП осуществлялось массовое изъятие наносов с непосредственно прилегающих к месту прокладки трубопровода осушки, пляжа и дюнного пояса [Ogorodov, 2005]. Профиль динамического равновесия и баланс наносов береговой зоны были нарушены. В результате уже после первого шторма трубопровод вышел на поверхность (рис. 1б). В последующий ледовый

сезон трубопровод вмерз в подошву припая, и весной под воздействием подвижек морских льдов был с корнем вырван и выброшен на берег [Черников, 2006].

а б

Рис. 1. Плужное устройство для пропашки траншеи (а); оголившийся нефтепровод (б)

Представленный выше пример безответственного отношения как к природе, так и соблюдению технологии производства работ в криолитозоне не единственный. Опыт аварии на Варандейском терминале учтен и усвоен лишь частично. К настоящему моменту ряд участков на действующих подводных нефте- и газопроводах в Печорском и Карском морях находятся в незаглубленном состоянии и подвержены ледовым воздействиям (рис. 2). В качестве примера можно привести подводный переход системы магистральных газопроводов «Бованенково – Ухта» через Байдарацкую губу Карского моря, построенный на участке с наиболее интенсивным воздействием ледяных образований на дно [Ogorodov et al., 2013]. Спасает положение лишь тот факт, что в отличие от приведенного выше примера на них стоят трубы большого диаметра, а ледовые условия за последние 1,5 десятилетия значительно смягчились, снизилась продолжительность ледового сезона, толщина льда, размеры и консолидация ледяных торосистых образований.

Рис. 2. Фрагмент подводного трубопровода в Карском море с поврежденной торосом обшивкой (фото В.В. Архипова). Видео представлено ФГБУ ГОИН Росгидромета

Изучение опасных рельефообразующих процессов в береговой зоне замерзающих морей имеет не только фундаментально-научное, но и прикладное значение. В свете поставленных президентом России задач по

снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуации и катастроф в Арктической зоне РФ важным звеном должно стать создание «Электронного атласа абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики», разрабатываемого в рамках проекта РНФ № 16–17-00034-П.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копа-Овдиенко Н.В., Огородов С.А. Особенности динамики термоабразионных берегов Байдарацкой губы Карского моря на современном этапе // Геоморфология. 2016. № 3. С. 12–21.
2. Огородов С.А., Архипов В.В. и др. Влияние изменений климата на интенсивность экзарации дна ледяными торосистыми образованиями // Докл. Академии наук. 2018. Т. 478. № 4. С. 473–477.
3. Черников Н.А. Вагит Алекперов и его команда. Дуга Баркова. [М.]: Изд. дом журнала «Смена», 2006. 238 с.
4. Ogorodov S.A. Human impacts on coastal stability in the Pechora Sea // Geo-Marine Letters. 2005. Vol. 25. No. 2–3. P. 190–195.
5. Ogorodov S., Arkhipov V. et al. Ice effect on coast and seabed in Baydaratskaya Bay, Kara Sea // Geography, Environment, Sustainability. 2013. No. 03. [Vol. 06]. P. 32–50.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНЫХ МОРСКИХ ВОЛН (ЦУНАМИ И ВОЛН-УБИЙЦ) НА БЕРЕГА И СООРУЖЕНИЯ

Е.Н. Пелиновский[1, 2], А.А. Куркин[1], А.И. Зайцев[1, 3]

[1] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород
aakurkin@gmail.com

[2] Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород; pelinovsky@gmail.com

[3] Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
aizaytsev@mail.ru

Как известно, цунами представляют собой длинные волны, возникающие в море вследствие подводных землетрясений, извержений вулканов, движения подводных оползней, резкого изменения метеорологических условий и др. Около 80 % цунами возникают на периферии Тихого океана. При средней глубине океана 4 км скорость распространения цунами около 200 м/с. Имея высоту в открытом океане 1–2 м, на мелководье высота цунами может увеличиваться до десятков метров и уходить вглубь суши на несколько километров.

Крупнейшее катастрофическое событие в Индийском океане 26 декабря 2004 г. оказалось наиболее разрушительным за всю историю человечества: погибло более 200 тыс. человек. Цунами 2011 г. в Японии привело к крупнейшей технологической катастрофе на атомном реакторе. Только в 2018 г. уже случилось два катастрофических, сопровождавшиеся человеческими жертвами цунами в Индонезии: 28 сентября 2018 г. на о-ве Сулавеси в результате землетрясений и последующих оползней (11 м в высоту) и 22 декабря 2018 г. из-за извержения вулкана Кракатау (3 м).

Проблема цунами актуальна для России; цунами часто проявляются на Дальнем Востоке, однако они встречаются в Черном и Каспийском морях, а также в реках (особо отметим цунами, случившееся в декабре 2018 г. на р. Бурея в России (40 м в высоту), в результате чего русло реки оказалось перекрытым). Известны одиночные случаи цунами в Балтийском и Баренцевом морях. Именно поэтому сейчас активизировались работы по оценке риска цунами, включающие разработку схем цунамирайонирования, карт эвакуации населения, ведутся мероприятия по укреплению существующих и проектирование специальных сооружений, способных ослабить действие волн цунами.

Так, в нашей стране с 2018 г. введен в действие Свод правил № 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования», утвержденный 23.06.2017 Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. В разработке этого документа принимали участие авторы доклада.

Волнами-убийцами в настоящее время называют короткоживущие (не более 10 мин.) волны на поверхности моря, их основной период находится в том же диапазоне, что ветровые волны. Они не имеют явной причины возникновения, как цунами, и могут появляться в результате плохо предсказуемых физических эффектов гео-

метрической и дисперсионной фокусировки, модуляционной неустойчивости волновых пакетов, взаимодействия волн с течениями. В прибрежной зоне волны-убийцы, будучи длинными волнами, проявляются в виде кратковременных затоплений побережья, приводя к разрушениям и человеческим жертвам.

Так, 19 января 2018 г. буй, установленный на глубине 24 м около г. Ашдота (Израиль) зарегистрировал волну высотой 20 м, что свидетельствует о сильно нелинейном характере процесса. Во время шторма 18 ноября 2018 г. на о-ве Тенерифе внезапно возникла волна 12-метровой высоты, проникшая в многоэтажный дом на побережье. Согласно статистике, волны-убийцы могут возникать дважды в сутки, и число их наблюдений инструментальными методами резко возрастает. Пока еще опасность волн-убийц недооценивается существующими нормативными документами, и работы по прогнозированию волн-убийц еще только начаты.

Настоящий обзорный доклад посвящен изложению основных подходов, лежащих в основе оценки воздействия опасных морских волн на берега и сооружения.

Математические модели. Для расчетов волн цунами в реальной акватории, как правило, используются известные уравнения нелинейной теории мелкой воды, которые описаны во многих книгах и здесь не приводятся. Поскольку расчеты цунами приходится проводить от области их зарождения, достаточно далеко от берега, то используются сферические координаты и учитывается вращение Земли. В мелководной зоне приходится принимать во внимание трение о дно, параметризуемое квадратичным законом трения, в котором коэффициент трения переменный и зависит не только от свойств морского дна, но и от характера застройки на берегу. Ввиду существенной разницы в масштабах процесса вдали от берега и на берегу, расчеты проводятся с помощью вложенных сеток, число которых может быть достаточно большое.

Существуют две основные проблемы, влияющие на точность расчетов характеристик цунами: плохая изученность очага цунами, обеспечивающего начальные условия для гидродинамических расчетов (в случае реальных событий он восстанавливается существенно позже после события), и плохое знание морской батиметрии и топографии берега (необходимая точность достигается при наличии карт с разрешением в несколько метров). Более того, трудно предсказать заранее землетрясения и оползни, которые могут приводить к цунами, поэтому, как правило, проводятся многочисленные расчеты возможных сценариев цунами, позволяющие сформулировать их вероятностные характеристики на период от 1000 лет и более.

Даже для катастрофических цунами, а тем более для волн-убийц в прибрежной зоне, эффекты дисперсии волн становятся важными, поэтому необходим переход на нелинейно-дисперсионные модели длинных волн (так называемые уравнения Буссинеска). В результате резко возрастает сложность расчетов. Поэтому в нашей практике используется другой подход (он реализован и в ряде других коллективов в мире), при котором физическая дисперсия заменяется численной, используя соответствующий выбор шагов по пространству и времени. Численная модель нелинейно-дисперсионной теории длинных волн реализована в вычислительном комплексе NAMI-DANCE, разработанном в составе международной кооперации. Он описан, например, в недавней работе [Kian et al., 2018], где также приведены примеры верификации численной модели.

Наряду с численной моделью, приспособленной к решению практических задач, мы используем большое число модельных уравнений, особенно при исследовании такого малоизученного явления, как волны-убийцы. Сюда относятся классические уравнения нелинейной физики: уравнение Кортевега – де Вриза и нелинейное уравнение Шрёдингера, а также их модификации; эти модели обсуждаются в книге [Куркин, Пелиновский, 2015].

Эффективность защиты портов от цунами с помощью дамб. Здесь мы приведем только один пример использования разработанной модели при решении проблемы воздействия волн на сооружения. Для смягчения воздействия катастрофических цунами, в 1978–2008 гг. на входе в залив Камаиши (Япония) были построены два огромных волнореза, с длинами 670 м и 990 м и высотой 6 м над уровнем воды, а также промежутком 300 м для судоходства. Эти волнорезы были построены на глубине 63 м, и стали самыми глубокими в мире, войдя в 2010 г. в Книгу рекордов Гиннеса. Их эффективность была фактически проверена во время разрушительного цунами 11 марта 2011 г. в Японии. На рисунке 1 представлены результаты расчетов заливания берега волнами цунами, а также возможные последствия при условии, если бы дамба не была построена. Разница в скоростях течения достигала 5–7 м/с, а высота цунами уменьшилась почти в два раза. К сожалению, стоимость защитных сооружений от цунами чрезвычайно высока.

В работе представлены примеры расчета карт заливания побережий волнами цунами, необходимые для эвакуации населения и обеспечения устойчивой работы портов и гаваней; характеристики силового воздействия морских волн, которые уже вычисляются в рамках существующих вычислительных комплексов опасных морских волн. Часть результатов исследований, проводимых авторами по данной проблеме, уже опубликованы в работах [Зайцев и др., 2017; 2019; Костенко и др., 2018; Aytore et al., 2016; Didenkulova, Pelinovsky, 2018; Kian et al., 2016; Omira et al., 2019; Ozer Sozdinler et al., 2015].

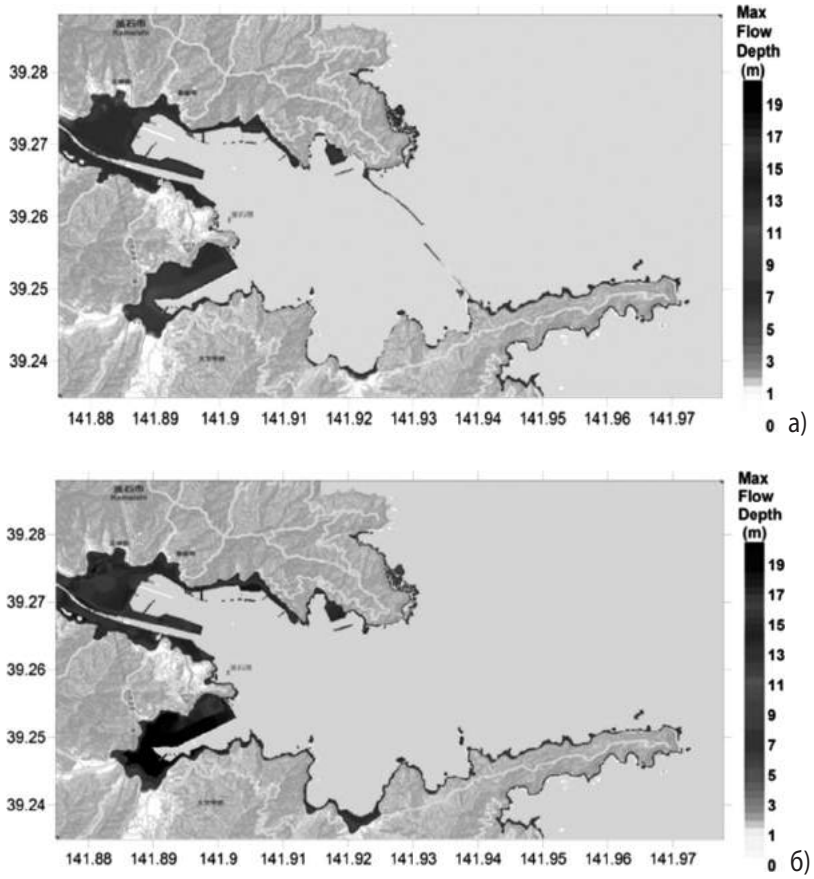


Рис. 1. Рассчитанные карты заливания побережья во время цунами в 2011 г. (а) и в случае отсутствия дамбы (б)

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 18-05-80019 (Программа «Опасные явления»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев А.И., Дмитриев С.М., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н. Вероятностная оценка опасности цунами на побережье Египта в районе возводимой АЭС «Эль-Дабаа» // Вопросы атомной науки и техники. Сер. «Математическое моделирование физических процессов». 2019. № 2. С. 81–89.
2. Зайцев А.И., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Ялченир А., Киан Р. Исследование влияния формы залива на отложение донных осадков под воздействием волн // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017. Т. 10. № 3. С. 73–77.
3. Костенко И.С., Зайцев А.И., Минаев Д.Д., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Ошмарина О.Е. Численное моделирование Монеронского цунами 5 сентября 1971 года и его проявление на побережье о. Сахалин // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. №. 1. С. 3–12.
4. Куркин А.А., Пелиновский Е.Н. Волны-убийцы / 2-е изд. М.; Берлин, 2015. 178 с.
5. Aytore B., Yalciner A.C., Zaytsev A., Cankaya Z.C., Suzen M.L. Assessment of tsunami resilience of Haydrapasa port in the Sea of Marmara by high resolution numerical modeling // Earth, Planets and Space. 2016. Vol. 68. No. 1. P. 139–150.
6. Didenkulova I., Pelinovsky E. Tsunami wave runup on a vertical wall in tidal environment // Pure and Applied Geophysics. 2018. Vol. 175. No. 4. P. 1387–1391.
7. Kian R., Horrillo J., Zaytsev A., Yalciner A.C. Capturing physical dispersion using a nonlinear shallow-water model // J. Marine Science and Engineering. 2018. Vol. 6. Article No. 84. 11 p.
8. Kian R., Velioglu D., Yalciner A.C., Zaytsev A. Effects of Harbor Shape on the Induced Sedimentation L-Type Basin // Journal of Marine Science and Engineering. 2016. Vol. 4. P. 55–65.
9. Omira R., Dogan G.G., Hidayat R., Husrin S., Prasetya G., Annunziato A., Proietti C., Probst P., Paparo M.A., Wronna M., Zaytsev A., Pronin P., Giniyatullin A., Putra P.S., Hartanto D., Ginanjar G., Kongko W., Pelinovsky E., Yalciner A.C. The September 28th, 2018, tsunami in Palu-Sulawesi, Indonesia: A post-event field survey // Pure and Applied Geophysics. 2019. Vol. 176. P. 1379–1395.
10. Ozer Sozdinler C., Yalciner A.C., Zaytsev A. Investigation of tsunami hydrodynamic parameters in inundation zones with different structural layouts // Pure Applied Geophysics. 2015. Vol. 172. P. 931–952.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ И ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ НА ПРИБРЕЖНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ

А.Ю. Санин
Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, г. Москва
eather86@mail.ru

Протяженность морских берегов Российской Федерации составляет 60 000 км [Айбулатов, 2005], берега сравнительно крупных внутренних водных объектов суммарно имеют протяженность не менее чем несколько сот тысяч километров. Используемые для массовой, купально-пляжной рекреации участки побережья составляют лишь малую часть от всех морских побережий и берегов внутренних водоемов России. Вместе с тем они являются привлекательными и для многих других типов природопользования, например селитебного. Всё это в целом обуславливает высокую степень освоенности прибрежных рекреационных территорий.

Для морских прибрежных территорий плотность населения в несколько раз превышает среднюю по России, хоть и заметно уступает плотности населения во многих прибрежных районах мира (участки берегов Индии, Китая, острова Ява, Калифорнии, Нидерландов, Нигерии, Бангладеша и других стран и регионов). Но из-за высокой интенсивности хозяйственной деятельности повышается риск возникновения неблагоприятных и опасных явлений природы (НОЯ), гибели местного населения, разрушения инфраструктуры. Интенсивная хозяйственная деятельность повышает уровень воздействия НОЯ по двум причинам.

1. Деятельность человека может активизировать те или иные НОЯ (например возникновение оползней вследствие подрезки склонов при строительстве дорог, активизация абразионных процессов вследствие берегоукрепительных работ, усиление ветровой и водной эрозии после сведения лесной растительности на склонах).

2. Повышается ущерб от неблагоприятных и опасных явлений природы из-за интенсивного введения в хозяйственный оборот новых, не освоенных ранее и не имеющих инженерных сооружений прибрежных территорий. Так, абразионные процессы и оползни на большинстве берегов Сахалина и Камчатки не несут никакой угрозы вследствие отсутствия там инженерных сооружений. Сильные колебания уровня Каспийского моря во второй половине XX в. нанесли существенный ущерб имеющейся на его берегах инфраструктуре, однако в прошлом столетии ущерб от них был бы неизмеримо меньше.

К прибрежным рекреационным территориям в России относятся:

1. Черноморское побережье Кавказа, особенно его участок от Туапсе до Адлера.
2. Крым, в особенности его Южный берег.
3. Восточное побережье Азовского моря.
4. Балтийское побережье в пределах Калининградской и Ленинградской областей, особенно в окрестностях Калининграда и Санкт-Петербурга.
5. Каспийское побережье (Лагань и окрестности в республике Калмыкия и Астраханской области, побережье Дагестана).
6. Побережье Японского моря в окрестностях Владивостока.
7. Берега рек, озер, водохранилищ, особенно в пределах крупных городов и их окрестностей.

По происхождению неблагоприятные и опасные природные явления разделяются на геолого-геоморфологические, климатические (связанные с ними гидрологические), биогеохимические, биологические, космические [Акимов и др., 2004].

К геолого-геоморфологическим относятся такие НОЯ, как сели, снежные лавины, обвалы и камнепады, оползни (в том числе техногенные) и оплывины, абразионные процессы, сейсмическая угроза, водная и ветровая эрозия. Из всех типов НОЯ геолого-геоморфологические выделяются характером воздействия, которое часто происходит мгновенно, а также повсеместностью распространения. Так, значительная часть берегов и морей и внутренних водных объектов подвержена абразии и размыву со скоростями от 1 см/год до 1 м/год (чаще всего это от 1 десятка см до нескольких десятков см в год). Оползни также встречаются достаточно часто.

Набор НОЯ, в том числе и геолого-геоморфологических, зависит от физико-географических условий, свойственных региону, и особенностей хозяйственной деятельности в нем. В частности, для горных территорий – окрестностей Японского моря, Северокавказского побережья Черного моря от Адлера до Новороссийска – перечень встречающихся НОЯ несколько шире, чем для равнинных, за счет распространения склоновых

процессов. Глобальная тектоника обуславливает ограниченное воздействие землетрясений и цунами, сравнительно сильные землетрясения могут происходить лишь на Южном берегу Крыма и Кавказском побережье, а цунами лишь на берегу Японского моря (но и они достаточно слабые, более сильные цунами случаются на берегах Сахалина, Камчатки и Курильских островов, но массовая рекреация не характерна для данных регионов) [Игнатов и др., 2008].

Геоморфологические НОЯ в восприятии рекреантов реже, по сравнению с климатическими неблагоприятными явлениями, могут служить фактором, влияющим на выбор региона для отдыха. Так, из-за сильной жары многие могут отказаться от поездки на Каспийское побережье (где летние температурные показатели самые высокие, по сравнению с таковыми во всех остальных рекреационных приморских регионах), на побережье Черного моря в Крыму или в Краснодарском крае. Однако маловероятно, что такая поездка может быть отменена из-за угрозы со стороны оползневых или абразионных процессов. Однако именно внезапный сход оползня вследствие воздействия абразионных процессов (впрочем, как и иные климатические процессы, в частности наводнение) может приводить к фатальным последствиям – серьезным увечьям и смертям рекреантов и местных жителей.

Для прибрежных рекреационных территорий из всех геолого-геоморфологических НОЯ в наибольшей степени проявляются следующие процессы и явления:

1. *Абразионные процессы.* Доля берегов, для которых характерны процессы абразии, эрозии или размыва, составляет высокий процент береговой линии на всех приморских рекреационных участках и на большинстве берегов крупных водных объектов. Скорости таких процессов составляют от 1 см до 1 м в год. Так, в Западном Крыму берег отступает со скоростью до 1 м в год и более [Горячкин, Иванов, 2006], на Азовском побережье – 1 м в год [Косьян, Крыленко, 2009], для всех рекреационных территорий это наиболее высокие значения, и они сопоставимы со скоростями отступания берегов крупных водохранилищ в первые годы их существования либо термоабразионных берегов на некоторых участках.

2. *Оползневые процессы и оплывины.* Особенно активно проявляются в южной части Большого Сочи, где пораженность склонов оползнями достигает 50–80 % [Природные опасности России, 2002]. На Южном берегу Крыма, в Большом Сочи и на других участках встречаются техногенные оползни, которые образовались из-за подрезки склонов при строительстве автодорог.

3. *Обвалы и камнепады.*

4. Наибольшие ущерб и количество жертв обуславливают на Северокавказском побережье *сели*. Их мощность достигает 100 тыс. м^3 и более [Природные опасности России, 2002].

5. *Сгонно-нагонные явления.* Для Азовского побережья подъем уровня моря может достигать 3,5–4,2 м над среднемноголетним значением [Косьян, Крыленко, 2009], для Финского залива – несколько метров и более [Гордеева, Малинин, 2014].

Наибольшую угрозу для прибрежной рекреации представляют НОЯ, свойственные Черноморскому побережью Кавказа и Крыму. Во-первых, морское побережье Крыма и Краснодарского края посещают в последние годы как минимум 15–17 млн туристов. Во-вторых, регион характеризуется разнообразным рельефом, значительная часть побережья относится к горным территориям, для которых имеет место сейсмическая угроза [Благоволин, 1993]. Сильные землетрясения случаются достаточно редко, но даже слабые, едва ощутимые землетрясения могут спровоцировать обвалы, оползни и лавины. Интенсивность НОЯ на Северокавказском побережье увеличивает и значительное количество осадков, до 3000 мм [Природные опасности России, 2002], не характерное для любой другой приморской рекреационной территории в пределах России. Осадки, в свою очередь, провоцируют оползни и сели.

Перечень неблагоприятных и опасных явлений природы для каждой из перечисленных территорий схож. Различия во многом обусловлены рельефом: если общий характер рельефа горный, добавляются еще склоновые процессы, сели, угроза землетрясения. Перечень НОЯ обусловлен влиянием климатических особенностей, а также морфометрией морских бассейнов, определяющей сильные сгонно-нагонные явления (например в таких районах, как Финский залив, Каспийское и Азовское моря). Так, для побережья Азовского моря они достигают 4 м и более [Косьян, Крыленко, 2009]. Другая особенность Азовского моря – высокие скорости абразионных процессов, на некоторых участков – до 5–8 м, хоть в среднем – 2–4 м и менее в год [Косьян, Крыленко, 2009]. На интенсивность склоновых процессов оказывает влияние крутизна склонов, интенсивность и частота выпадения осадков (особенно для оползней, активизация которых часто является следствием сильных ливней).

Для большинства рекреационных приморских районов меры противодействия неблагоприятным и опасным явлениям схожи.

1. Минимизация (по возможности) хозяйственного использования участков побережья, для которых опасные процессы выражены лучше всего. К ним относятся днища балок, особенно их устьевые части, выходящие

к морскому побережью (именно в такой части Широкой Балки случился катастрофический сель в 2002 г.), участки берега с активными абразионными процессами, оползневые склоны и т.д.

2. Информирование рекреантов об опасности, связанной с неблагоприятными и опасными явлениями природы.

3. Борьба за самые привлекательные для хозяйственной деятельности участки берега с НОЯ: берегоукрепительные работы, противооползневые меры и т.д.

В ряде случаев вышеуказанные меры применяются, однако их применение далеко не всегда носит системный характер. Так, берегоукрепительные работы начиная еще с советского времени ведутся повсеместно на Южном берегу Крыма, особенно в его западной части, на Северокавказском побережье, особенно на участке Адлер –Туапсе, местами в Западном Крыму, на Азовском побережье и т.д. Чаще всего это так называемое жесткое берегоукрепление, которое подразумевает использование различных строений и сооружений (берегоукрепительных стенок, волнорезов и волноломов, бун и т.д.), нацеленных на механическое разрушение волн. Имеются, однако, и примеры «мягкого» берегоукрепления, с помощью искусственных пляжей, например в районе Приморско-Ахтарска на Азовском побережье [Косьян, Крыленко, 2009]. Бессистемное берегоукрепление (в ряде случаев владельцы объектов рекреационной инфраструктуры на берегу защищают только свои участки) часто приводит к активизации разрушения соседних, неукрепленных участков берега, отчего могут страдать различные инженерные сооружения. Так, создание Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений в кутовой части Финского залива несколько усилил воздействия НОЯ на те участки берега залива (к западу от сооружения), которые активно используются для рекреации [Гордеева, Малинин, 2004]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А. Деятельность РФ в прибрежной зоне моря. М.: Наука, 2005. 364 с.
2. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике / МЧС России. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
3. Благоволин Н.С. Сейсмотектонические и сейсмогравитационные процессы в горном Крыму // Геоморфология. 1993. № 2. С. 49–56.
4. Гордеева С.М. Малинин В.Н. Изменчивость морского уровня Финского залива. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2014. 179 с.
5. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 210 с.
6. Игнатов Е.И., Фроль В.В., Лохин М.Ю., Никифоров А.В. Геоморфологические проблемы цунамиопасности (на примере Японского моря). Смоленск: Маджента, 2008. 128 с
7. Косьян Р.Д., Крыленко М.В. Комплексная характеристика современного состояния берегов Азовского моря в пределах Краснодарского края // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ» [Междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов» (г. Новосибирск, 20–25 июля 2009 г.)]. Изд-во Сиб. отд. РАН, Новосибирск, 2009. URL: https://coruna.coastdyn.ru/theme/azov.pdf (дата обращения: 04.04.2019).
8. Природные опасности России в 6 т. Т. 3. Экзогенные геологические опасности / под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: Крук, 2002. 348 с.

ФОРМИРОВАНИЕ СТАМУХ В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ

В.В. Селюженок[1], Т. Крумпен[2], С.А. Огородов[1]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Лаборатория геоэкологии Севера, г. Москва

[2] Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, г. Бремерхафен, Германия

Важным звеном, характеризующим ледовую обстановку российских арктических морей в зимнее время, является припайный лед. На мористой кромке припая периодически происходят торошения и образуются стамухи – севшие на мель ледяные торосистые образования. Торосы и стамухи, в свою очередь, представляют

опасность как для судоходства, так и для гидротехнических сооружений, в том числе проложенных по дну трубопроводов и кабелей связи. В данной работе рассматриваются косвенные методы наблюдения за формированием стамух в прикромочной зоне припая на примере моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря.

С помощью оперативных региональных ледовых карт, выпускаемых ААНИИ были получены положения кромки припая в период его максимального развития с 1999 по 2015 г. (рис. 1) [Selyuzhenok et al., 2015]. Наиболее частые пересечения таких кромок соответствуют местам формирования торосистых образований, севших на мель [Mahoney et al., 2007]. На рисунке 1 выделены наиболее характерные пересечения кромок льда. Грубая оценка глубин (данные IBCAO) показала, что выделенные локализации наиболее частого формирования стамух соответствуют глубинам от 10 до 20 м. Эти данные соответствуют моде распределения осадки стамух в море Лаптевых [Горбунов и др., 2008]. Также предсказанные по положению кромки припая в местах формирования торосистых образований совпадают с местоположением стамух, сведения о которых получены по данным авиационной ледовой разведки [Горбунов и др., 2008].

Таким образом, располагая многолетними наблюдениями за положением кромки припая, можно без прямых наблюдений с высокой долей вероятности определять наличие или отсутствие стамух в прикормочной зоне припая в конкретном сезоне. При достижении кромкой припая места пересечения многолетних кромок можно говорить о том, что в этом месте пересечения кромок в данном сезоне стамуха сформировалась. При прохождении кромки припая вдали от пересечения многолетних кромок, стамуха не была сформирована. При наличии карт припая высокой дискретности, можно судить о времени формирования стамух.

В предметном исследовании процесса становления припая в море Лаптевых в 2008 и 2010 гг. по данным радарных спутниковых снимков высокого пространственного разрешения (150 м) ENIVISAT ASAR были дешифрированы стамухи, сформировавшиеся до начала становления припая [Selyuzhenok et al., 2017]. В обоих сезонах время их формирования не превышает 58 дней после начала устойчивого ледообразования. Используя эмпирическую формулу расчета равновесной толщины льда Зубова и данные температуры воздуха реанализа Era-Interim, получаем, что толщина льда, из которого сформировались стамухи, составляет не более 50 см. При этом прогнозируемая (по данным батиметрии IBCAO) осадка стамух соответствует 5–15 м.

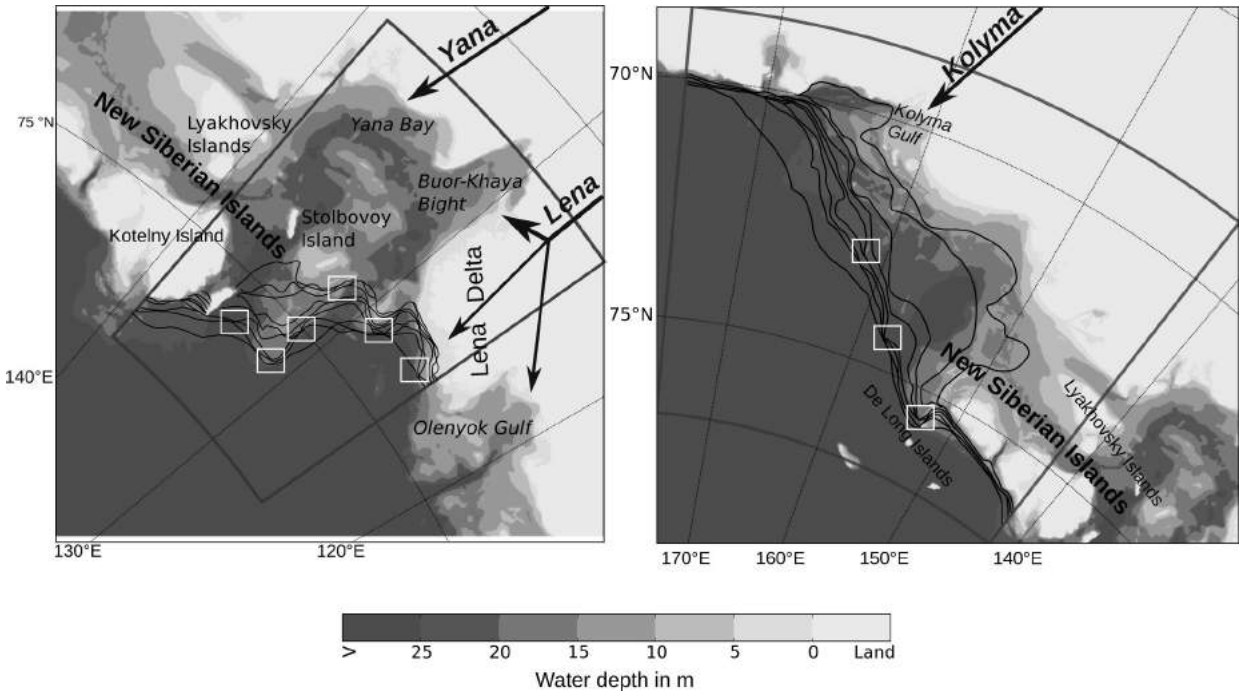


Рис. 1. Средние положения кромок припая в максимальный период развития за 1999–2015 гг.: белыми прямоугольниками обозначены места пересечения кромок припая, соответствующие локализациям формирования стамух; оттенками серого обозначены глубины

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № РНФ 16-17-00034-П).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горбунов Ю.А., Лосев С.М., Дымент Л.Н. Стамухи моря Лаптевых // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 2. С. 79.

2. Mahoney A. et al. Alaska landfast sea ice: Links with bathymetry and atmospheric circulation // J. of Geophys. Res.: Oceans. 2007. Т. 112. №. С. 2.
3. Selyuzhenok V. et al. Seasonal and interannual variability of fast ice extent in the southeastern Laptev Sea between 1999 and 2013 // J. of Geophys. Res.: Oceans. 2015. Т. 120. №. 12. С. 7791–7806.
4. Selyuzhenok V., Mahoney A., Krumpen T., Castellani G., Gerdes R. Mechanisms of fast-ice development in the south-eastern Laptev Sea: a case study for winter of 2007/08 and 2009/10 // Polar Res. 2017. Т. 36. № 1. С. 1411140.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ВОЛНЕНИЯ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

А.Н. Соколов, Б.В. Чубаренко
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
tengritag@gmail.com; chuboris@mail.ru

Введение. Ветровое волнение является одним из определяющих факторов, которые необходимо учитывать при решении таких задач, как прибрежное строительство, освоение шельфа, прокладка морских путей, расчет предельных нагрузок на суда и сооружения и т.д. В настоящее время наиболее полным справочником по режиму ветрового волнения Балтийского моря являются [Справочные данные … 2006]. Отметим два важных момента: 1) результаты, приведенные в Справочнике, относятся к условиям глубокой воды; 2) в Справочнике не ставилась цель проследить тенденции в изменениях волнового климата.

За последнее время опубликовано значительное количество работ, посвященных анализу волнового климата на Балтике как на основе инструментальных наблюдений с помощью волновых буев [Broman et al., 2006; Bjorkqvist et al., 2017], так и с помощью методов ретроспективного анализа [Cielikiewicz, Papliska-Swerpel, 2008; Soomere, 2013]. Выводы, приведенные в указанных работах, сложно назвать идентичными, особенно в плане оценки тенденций изменения волнового климата и параметров экстремальных волн, которые могут наблюдаться в той или иной акватории.

Таким образом, оценка возможных параметров экстремального волнения (волны малой обеспеченности), а также выявление наличия (или отсутствия) климатических трендов в динамике волнового климата представляет значительный интерес. Для такого рода анализа требуется прежде всего наличие массива данных параметров волнения за значительный период времени. Целью работы являлось получение массива достоверных данных параметров ветрового волнения для всего Балтийского моря с необходимым пространственным и временным разрешением на климатическом отрезке времени.

Метод. Для получения массива данных параметров ветрового волнения использовалась спектральная волновая модель MIKE SW [MIKE … 2007] Датского гидравлического института. Она позволяет рассчитать такие статистические параметры волнения, как существенная высота волны, период, направление и скорость распространения волн и т.д. Расчет ведется методом конечных элементов на нерегулярной сетке. Расчетная область представлена на рис. 1. Типичная длина стороны элемента сетки составляет 6–10 км, а минимальная (в прибрежных областях юго-восточной Балтики) – 2–3 км.

Расчет основывается на решении уравнения баланса плотности волнового действия:

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}c_x N+\frac{\partial}{\partial y}c_y N+\frac{\partial}{\partial \omega}c_\omega N+\frac{\partial}{\partial \theta}c_\theta N=\frac{S}{\omega}, \quad (1)$$

где θ – направление распространения волн; ω – круговая частота; c_x, c_y, c_ω, и c_θ – скорости распространения волн в пространствах соответственно x, y, ω, и θ.

Согласно уравнению, изменение плотности волнового действия в контрольном объеме (от времени, адвекции в географическом пространстве, сдвига относительной частоты из-за изменений глубины и течений, рефракции и дифракции) уравновешивается функцией источника S, которая представляет собой суперпозицию функций:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf}, \quad (2)$$

где S_{in} – ветровое воздействие, приводящее к возникновению волн; S_{nl} – перераспределение волновой энергии в результате нелинейных волновых взаимодействий; S_{ds}, S_{bot}, S_{surf} – диссипация волновой энергии за счет образования «барашков», донного трения и обрушения на мелководье соответственно.

Расчетными выходными параметрами спектральной волновой модели являются:

- пространственные распределения высот волн (значительных и максимальных), средних периодов, периодов максимума спектра, направления волнения;
- двумерные (частотно-направленные) спектры ветрового волнения;
- мощность ветрового волнения, выраженная в киловаттах на метр волнового фронта.

Калибровка и верификация. Для успешного анализа волнового климата требуется, прежде всего, иметь достоверные данные параметров волнения, поэтому этап калибровки и верификации играет ключевую роль при подготовке к расчетам требуемого массива данных. Модель MIKE SW широко использовалась авторами в предыдущих исследованиях [Соколов, Чубаренко, 2014; Sokolov, Chubarenko, 2018 и др.]. Было известно, что основным калибровочным параметром является Cdis (коэффициент диссипации волновой энергии за счет образования «барашков»). Причем его значение может зависеть как от используемых данных по скорости и направлению ветра, так и от расположения и, возможно, характеристик волнового буя, данные измерений которого используются для калибровки.

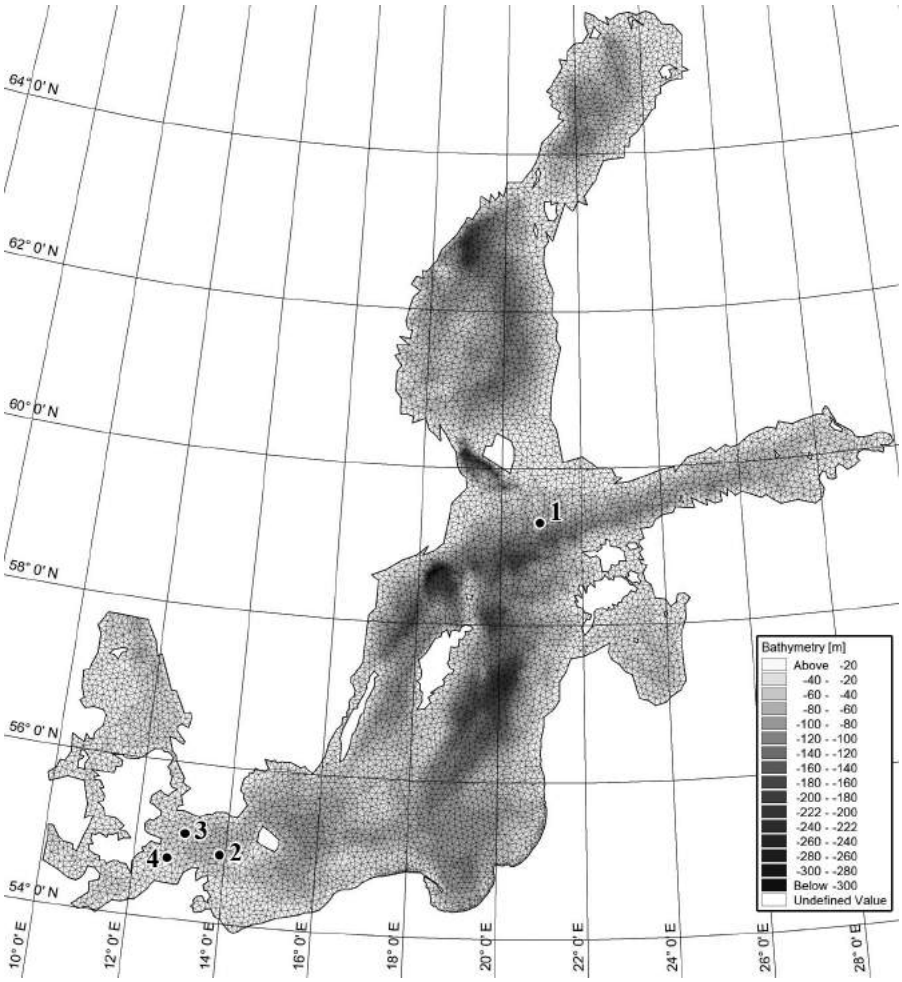


Рис. 1. Карта глубин Балтийского моря и расчетная сетка. Отмечено положение измерительных буев (Directional Waverider), использованных для калибровки. Глубины моря в местах расположения буев: 1–65 м, 2–46 м, 3–24 м и 4–21 м

Поскольку целью исследования являлось получение массива данных параметров ветрового волнения на климатическом отрезке времени, необходимо было найти однотипные данные по ветру для Балтийского моря за достаточно большой промежуток времени. В качестве таковых были выбраны данные глобального реанализа ERA-Interim, находящиеся в свободном доступе [https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim]. Данные, начиная с 1979 г., предоставлены Европейским центром среднесрочных прогнозов. Из массива данных реанализа извлекались значения компонентов скорости ветра на высоте

10 м над уровнем моря. Разрешение по широте и долготе составляло 1 градус. Шаг по времени ERA-Interim равен 6 часам.

Для калибровки и верификации использовались данные волновых буев (Directional Waverider), положение которых показано на рисунке 1:

1. (Northern Baltic Proper, Finnish Meteorological Institute) 59.25 с.ш., 21.0 в.д., глуб. моря 65 м;
2. (Arkona wavebuoy, Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany) 54.89 с.ш., 13.86 в.д., глуб. моря 46 м;
3. (FINO 2 wavebuoy, Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany) 55.01 с.ш., 13.05 в.д., глуб. моря 24 м;
4. (Darßer Schwelle wavebuoy, Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany) 54.7 с.ш., 12.7 в.д., глуб. моря 21 м.

Сравнение расчетных и натурных существенных высот волн производилось по следующим параметрам: BIAS (разность между средним за весь период наблюдений значением существенной высотой волны и аналогичным рассчитанным значением); RMSE (корень квадратный из суммы квадратов разностей между результатами наблюдений и расчетов, деленный на общее количество наблюдений); R (коэффициент корреляции Пирсона).

Калибровка параметров производилась по данным за июль 2015 г., а верификация – за январь 2015 г. (табл. 1 и 2). Для дальнейших расчетов было решено использовать значение калибровочного параметра Cdis = 3, дающего наиболее достоверные значения параметров волнения. Зависимости рассчитанной существенной высоты волны от времени при выбранном оптимальном значении Cdis = 3 и натурные данные для первого и второго буя за июль 2015 г. представлены на рисунке 2.

Таблица1

Калибровка. Июль 2015 г.

	Буй №1			**Буй №2**			**Буй №4**		
Cdis	BIAS	RMSE	R	BIAS	RMSE	R	BIAS	RMSE	R
1	–0.31	0.0163	0.92	–0.25	0.0129	0.96	–0.21	0.0107	0.94
1.5	–0.21	0.0131	0.92	–0.17	0.0101	0.96	–0.15	0.0088	0.94
2	–0.13	0.0113	0.92	–0.11	0.0084	0.96	–0.10	0.0076	0.94
2.5	–0.07	0.0103	0.92	–0.06	0.0074	0.96	–0.06	0.0070	0.94
3	**–0.02**	**0.0098**	0.92	**–0.02**	**0.0069**	0.96	–0.03	**0.0067**	0.94
3.5	**0.02**	**0.0098**	0.92	**0.02**	0.0070	0.96	**0.00**	**0.0067**	0.94
4	0.06	0.0100	0.92	0.05	0.0074	0.96	0.03	0.0069	0.94
4.5	0.09	0.0104	0.92	0.08	0.0079	0.96	0.05	0.0072	0.94
5	0.12	0.0109	0.92	0.11	0.0086	0.96	0.08	0.0077	0.94

Таблица 2

Верификация. Январь 2015 г.

	Буй №1			**Буй №2**			**Буй №3**		
Cdis	BIAS	RMSE	R	BIAS	RMSE	R	BIAS	RMSE	R
1	–0.44	0.0245	0.95	–0.38	0.0240	0.94	–0.36	0.0222	0.94
1.5	–0.23	0.0180	0.95	–0.24	0.0190	0.94	–0.23	0.0172	0.94
2	–0.07	0.0144	0.95	–0.14	0.0158	0.94	–0.14	0.0139	0.94
2.5	**0.05**	**0.0132**	0.95	–0.05	0.0137	0.94	–0.06	0.0117	0.94
3	0.16	0.0137	0.95	**0.02**	0.0126	0.94	**0.01**	0.0105	0.94
3.5	0.25	0.0152	0.95	0.08	**0.0122**	0.94	0.06	**0.0100**	0.94
4	0.33	0.0171	0.95	0.13	0.0123	0.94	0.12	0.0101	0.94
4.5	0.40	0.0191	0.95	0.19	0.0129	0.94	0.16	0.0107	0.94
5	0.46	0.0211	0.95	0.23	0.0138	0.94	0.21	0.0115	0.94

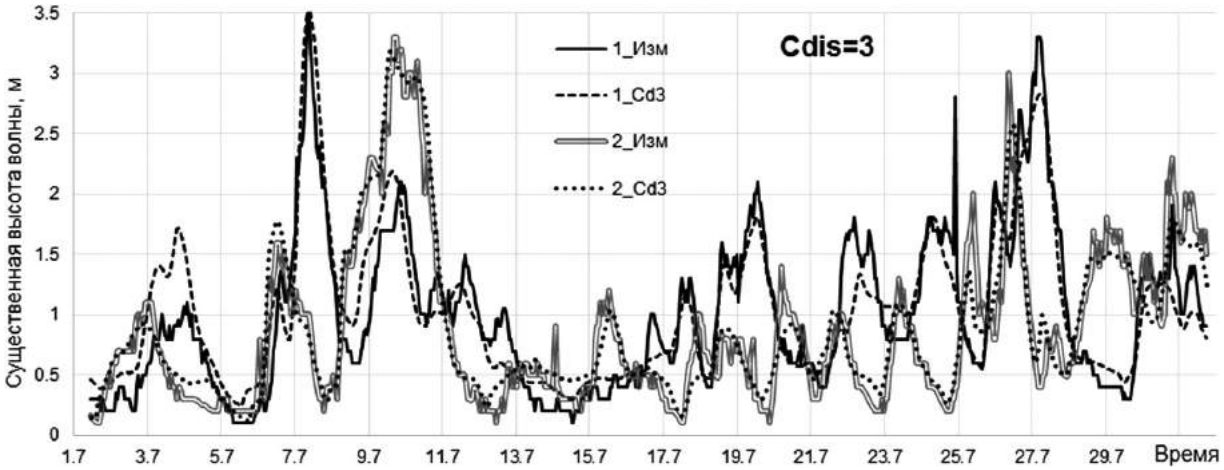


Рис. 2. Зависимости существенной высоты волны от времени.
Натурные данные (1_Изм – первый буй, 2_Изм – второй буй) и расчет при значении параметра Cdis = 3

Результаты. Проведена калибровка и верификация модели и определено оптимальное значение калибровочного коэффициента (Cdis = 3).

Рассчитаны параметры ветрового волнения для всего Балтийского моря с 1979 по 2008 г. с интервалом в 1 ч, которые послужат исходными данными для оценки максимальных высот волн, возможных на акватории Балтийского моря и анализа тенденций изменения волнового климата.

Проведение расчетов параметров волнения и представление результатов на данной конференции были полностью обеспечены за счет проекта РФФИ 18-05-80035. Анализ данных был проведен в ходе исполнения темы 0149-2019-0013 гос. задания ИОРАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей / Российский морской регистр судоходства. СПб., 2006. 450 с.
2. Соколов А.Н., Чубаренко Б.В. Анализ возможного влияния климатических изменений на параметры ветрового волнения в прибрежной зоне юго-восточной Балтики // Известия КГТУ. № 34. Калининград, 2014. С. 43–51.
3. 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. 17. 2017. P. 1653–1658.
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 // Oceanol. 48 (S). 2006. P. 165–184.
5. Cielikiewicz W., Papliska-Swerpel B. A 44-year hindcast of wind wave fields over the Baltic Sea // Coast Eng. 55 (11). 2008. P. 894–905.
6. ERA-Interim is a global atmospheric reanalysis from 1979, continuously updated in real time // European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. URL: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim
7. MIKE 21 SW. Spectral waves FM Short description. 2007. URL: https://www.mikepoweredbydhi.com/upload/dhisoftwarearchive/shortdescriptions/marine/SpectralWaveModuleMIKE21SW.pdf
8. Sokolov A., Chubarenko B. Numerical simulation of dynamics of sediments disposed in the marine coastal zone of South-Eastern Baltic // Baltica. 31 (1). 2018. P. 13–23.
9. Soomere T. Extending the observed Baltic Sea wave climate back to the 1940s // J. Coastal Res. Special Issue 65. Int. Coastal Symposium. Vol. 2. 2013. P. 1969–1974.

МЕТОДИКА ВЫСОКОТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ СКАЛЬНЫХ БЕНЧЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ

А.В. Уба
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
uba_av@mail.ru

Береговые платформы, сформированные на скалистых береговых линиях, являются результатом целого ряда процессов: от волн и приливов до субаэрального выветривания. Причем доля вклада каждого из этих факторов до сих пор является предметом споров.

С 2011 г. в районе г. Невельск Сахалинской области мы проводили инструментальные наблюдения по сети забетонированных в поверхность бенча реперов. Для получения более точных данных, чем просто измерение длины репера, была разработана методика площадного измерения разрушения поверхности с использованием современной цифровой фотограмметрии (в зарубежной литературе – "Structure-From-Motion" (SFM)). С июня 2016 г. по настоящее время измерения производятся с применением данной методики.

Для привязки цифровой модели была сконструирована алюминиевая рамка, размерами 1,5×1,5 м, которая устанавливалась горизонтально при помощи оптического нивелира и 4 регулируемых ножек. На 4 углах рамки расположены маркеры с предварительно измеренными относительными координатами, номера которых закодированы в виде кругового бинарного кода. Для правильного расположения осей в пространстве рамка ориентируется при помощи буссоли и записывается азимут. Для съемки используется камера SONY A6000, 24 мегапикселя с объективом SEL1628 (16 мм). Центры фотографирования располагаются 5 параллельными профилями, по не менее чем 10 снимков в профиле, так чтобы гарантировать перекрытие не менее 9 снимков для каждой точки в области интереса. Высота съемки 1,5 м, фокус и диафрагма зафиксированы

в таком положении, чтобы весь диапазон высот объекта попадал в границы глубины резко изображаемого пространства (ГРИП) на снимке. Съемка производится с рук при помощи специально сконструированного монопода.

Из полученных снимков строится плотное облако и полигональная модель. Матрица высот пересчитывается относительно высоты и координат репера. Посредством вычитания матриц высот рассчитывается объем разностей, и строится карта разрушения участка, вычисляется удельный объем разрушения на единицу площади. Ошибка среднего значения размыва, полученного по этим данным, исходя из условия, что ошибки моделей распределены равномерно, составляет не более 1 мм.

Стоить отметить, что метод требует достаточно высокой освещенности, чтобы не поднимать светочувствительность матрицы до высоких значений и избежать цифрового шума на снимках, а также чтобы значения диафрагмы и выдержки обеспечивали достаточную ГРИП и отсутствие смазывания снимка. Кроме того, измеряемая поверхность должна быть матовой, поскольку фотограмметрия не позволяет получать качественные модели из-за бликов на влажной и глянцевой поверхности, которые меняют свое положение вместе с перемещением камеры, внося существенный шум в модель.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ

А.В. Уба
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
uba_av@mail.ru

Георадарное обследование побережья позволяет расширить палеогеографическую информацию, обеспечивает полноту количественной оценки морфолитодинамических изменений берегового ландшафта.

С 2014 по 2018 г. были проведены георадарные обследования окончаний большинства аккумулятивных образований (барьерных кос) Северо-Восточного Сахалина, а также 3,5 км побережья Ныйского залива. Для получения временных разрезов мы использовали прибор Геотех ОКО-2 с антеннами 150 и 400 МГц (максимальная глубина зондирования 12 м, разрешающая способность по глубине 35 см). Несмотря на то что соленая вода обладает высоким коэффициентом поглощения радиоволн, на многих исследуемых объектах удалось получить георадарные профили на полную глубину зондирования. Исключение составляют просоленные пляжи обычно до высоты заплеска волн, на таких участках отраженные волны отсутствуют. Также георадар малоприменим на глинистых и илистых участках.

Стоит отметить, что в соленом пляже существуют рассолоненные зоны, позволяющие получить профили хорошего качества, такие участки обычно находятся вблизи ручьев или в местах, где пресные грунтовые воды просачиваются через пляж в сторону моря.

Таким образом, при планировании георадарной съемки морских побережий мы рекомендуем располагать сетку профилей так, чтобы профили, идущие вдоль побережья, располагались вне зоны заплеска, поперечные профили располагались по зонам выхода грунтовых вод и ручьям (на участках, где необходима максимальная длина профиля в сторону моря). Определить такие участки можно, проведя разведочный профиль по соленой части пляжа или по внешним признакам.

Для корректного отображения рельефа мы используем съемку высот вдоль профилей при помощи тахеометра, возможно использование RTK GNSS приемника. Для компенсации неточностей определения расстояния колесом, связанных с пробуксовкой колеса по песку и траве и увеличением пройденного колесом расстояния из-за мелких неровностей рельефа, используются контрольные метки каждые 50 м.

На большинстве георадарных профилей в верхней части разреза, выше уровня грунтовых вод находятся сухие пески, ниже – увлажненные. Скорость прохождения сигнала в сухих и влажных песках сильно отличается, поэтому стоит разбивать разрезы на 2 комплекса: выше УГВ (относительно сухие слои) и ниже УГВ (увлажненные слои). По гиперболам дифракции были рассчитаны скорости прохождения сигнала для данных комплексов: сухой песок – 150 мм/нс, увлажненный – 68 мм/нс, что соответствует справочным данным из инструкции GeoScan32. Поскольку скорости в комплексах разные, меняется и длина волны

в среде, а это в свою очередь влияет на разрешение. Верхние (сухие) слои отличаются более низким разрешением. Это хорошо видно на волновой картине после преобразования временного разреза в глубинный (рис. 1).

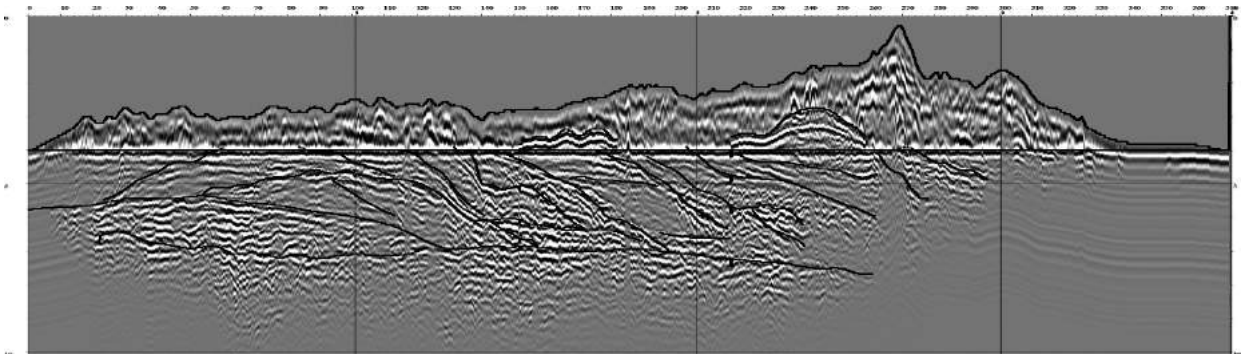


Рис. 1. Георадарный профиль после выравнивания по УГВ, с коррекцией скоростей в комплексах преобразованный в глубинный разрез. Отношение вертикального масштаба к горизонтальному 1/10

Уточнение и заверка полученной информации производится по данным бурения, либо шурфования. Профили закладываются в соответствии с особенностями прибрежно-морского рельефообразования, устанавливаемыми в результате рекогносцировочных маршрутов и имеющейся геолого-геоморфологической информации. Очень важным на этапе интерпретации является, наряду с пониманием особенностей прибрежно-морского рельефообразования, комплексный анализ результатов георадарного обследования и материалов дистанционного зондирования.

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА И СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.Д. Хаванский[1], В.В. Латун[1], О.А. Хорошев[2], Ю.Ю. Меринова[1], И.В. Богачев[1], А.М. Кравченко[1]

[1] Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

[2] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону; khovansk@yandex.ru, vlatun@yandex.ru, ourregion@mail.ru, yuliyamerinova@yandex.ru, ivanbogachev@mail.ru, anastasiya.kravchenko_93@mail.ru

Для определения состояния окружающей среды в прибрежной зоне Азовского моря производилась комплексная экологическая оценка, которая включает установление и характеристику экологически значимых факторов развития территории, оценку антропогенной нагрузки и состояния как отдельных компонентов, так и окружающей среды в целом [Хованский и др., 1998].

Определение антропогенной нагрузки производилось по основным показателям воздействия на окружающую среду жизнедеятельности населения, промышленного производства, сельского хозяйства, транспорта.

Демографическая нагрузка определялась как совокупность количественных показателей, отражающих текущую концентрацию населения (людность, плотность), и тенденции изменения численности (естественное, механическое движение).

К основным элементам промышленного воздействия на окружающую среду относятся объемы валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы загрязненных сточных вод, произведенных отходов, а также объем промышленной продукции.

Сельскохозяйственная нагрузка на окружающую среду определяется по объемам валового сбора зерновых культур в разрезе каждого района, поголовью скота в условных единицах на единицу площади района и степени распаханности территории.

В настоящее время наибольшее влияние на окружающую среду оказывает автомобильный транспорт. Другие виды транспорта имеют второстепенное значение. В качестве основных показателей транспортной

нагрузки приняты объем выбросов от автотранспорта, плотность автомобильных дорог, плотность автотранспорта.

Общая антропогенная нагрузка определяется суммированием демографической, промышленной, сельскохозяйственной и транспортной нагрузок.

Оценка загрязнения отдельных компонентов окружающей среды производилась по интегральным показателям и общепринятым методикам их определения. Для того чтобы сопоставлять между собой разнородные социально-экономические и экологические показатели, применялась пятибалльная система, в которой численные значения разных показателей ранжировались с помощью определенных критериев. Интегральным показателем экологической ситуации является численный индекс состояния города или административного района, который определяется как сумма бальных оценок суммарной антропогенной нагрузки и степени загрязнения отдельных компонентов окружающей среды. Степень напряженности экологической ситуации определяется по количеству исследованных показателей и суммарной величине численного индекса [Меринова и др., 2016].

Результаты комплексной экологической оценки прибрежной зоны Азовского моря (табл. 1, рис. 1–2) показывают, что в г. Ростове-на-Дону сформировалась критическая экологическая ситуация. Здесь отмечаются максимальные значения всех видов антропогенной нагрузки, высокий уровень загрязнения большинства сред. В атмосфере, почвах, водах постоянно присутствуют многие загрязняющие вещества в концентрациях до 5 ПДК.

Неблагоприятная экологическая ситуация сложилась и в Таганроге. Здесь наблюдаются высокие и средние значения антропогенной нагрузки и уровня загрязнения окружающей среды. Загрязнение атмосферы и почв Таганрога связано с деятельностью промышленных предприятий и постоянным ростом автомобилизации населения.

Напряженной экологической ситуацией характеризуются г. Азов, Азовский, Неклиновский, Ейский, Каневской, Славянский, Темрюкский районы. В Азове наблюдается повышенный уровень загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха. В сельских районах напряженная экологическая ситуация обусловлена повышенной сельскохозяйственной нагрузкой и высоким уровнем загрязнения водных объектов.

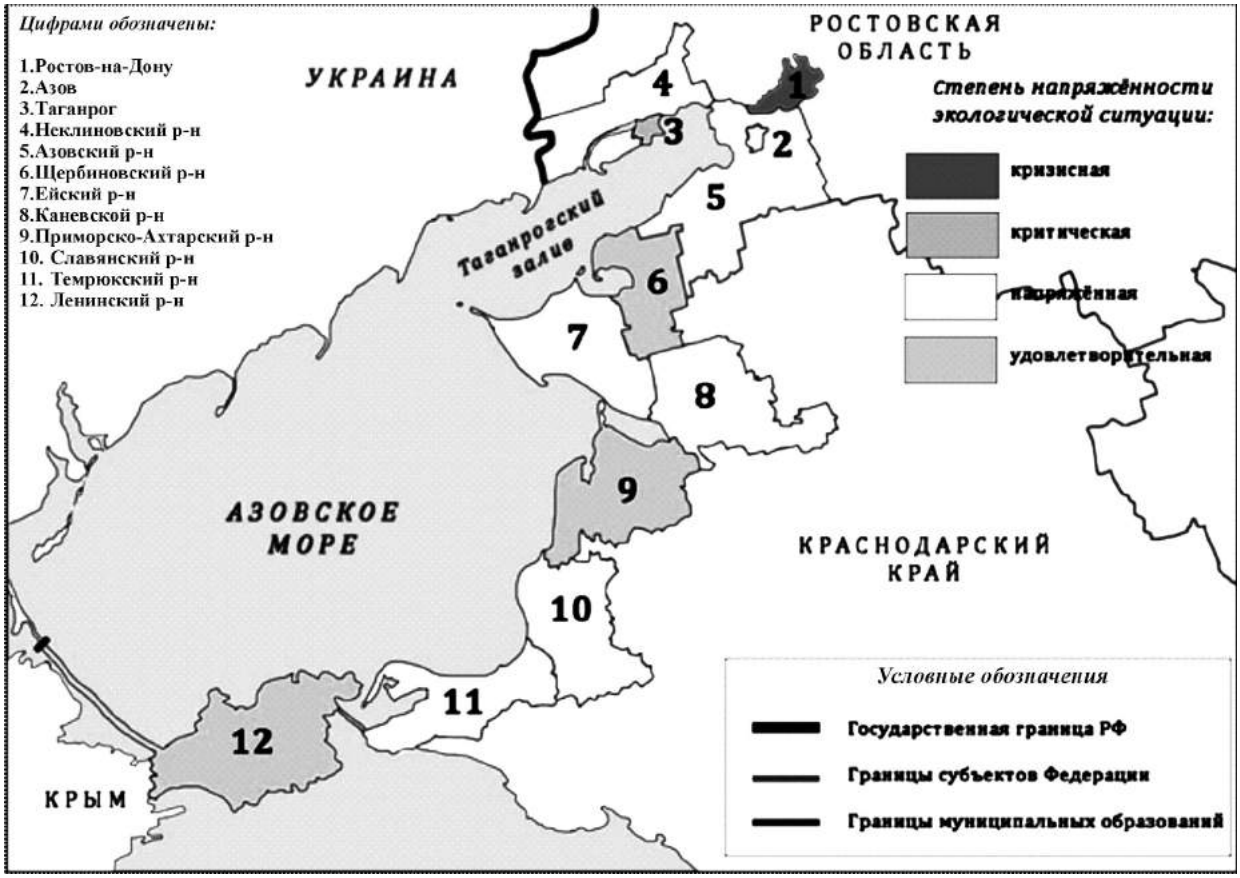


Рис. 1. Антропогенная нагрузка в прибрежной зоне Азовского моря

Таблица 1. Характеристика антропогенного воздействия и состояния окружающей среды в прибрежной зоне Азовского моря (по пятибалльной шкале)

Города и районы в прибрежной зоне моря	Антропогенная нагрузка				Уровень загрязнения и деградации отдельных компонентов окружающей среды			Численный индекс	Степень напряженности экологической ситуации
	Промышленная	Демографическая	Сельскохозяйственная	Транспортная	Атмосфера	Водные объекты	Почвы		
Ростов-на-Дону	5	5	1	5	4	4	4	28	Кризисная
Таганрог	3	3	1	4	4	4	5	24	Критическая
Азов	2	3	1	3	3	4	3	19	Напряженная
Азовский район	2	3	4	2	2	4	2	19	Напряженная
Неклиновский район	2	3	3	2	2	4	2	18	Напряженная
Щербиновский	1	2	3	2	1	3	1	13	Удовлетворительная
Ейский	2	2	3	2	1	3	2	15	Напряженная
Каневской	2	2	3	2	1	3	1	14	Напряженная
Приморско-Ахтарский	1	2	2	2	1	3	1	12	Удовлетворительная
Славянский	2	2	3	2	1	3	2	15	Напряженная
Темрюкский	2	2	2	3	1	3	1	14	Напряженная
Ленинский	1	2	2	2	1	3	2	13	Удовлетворительная

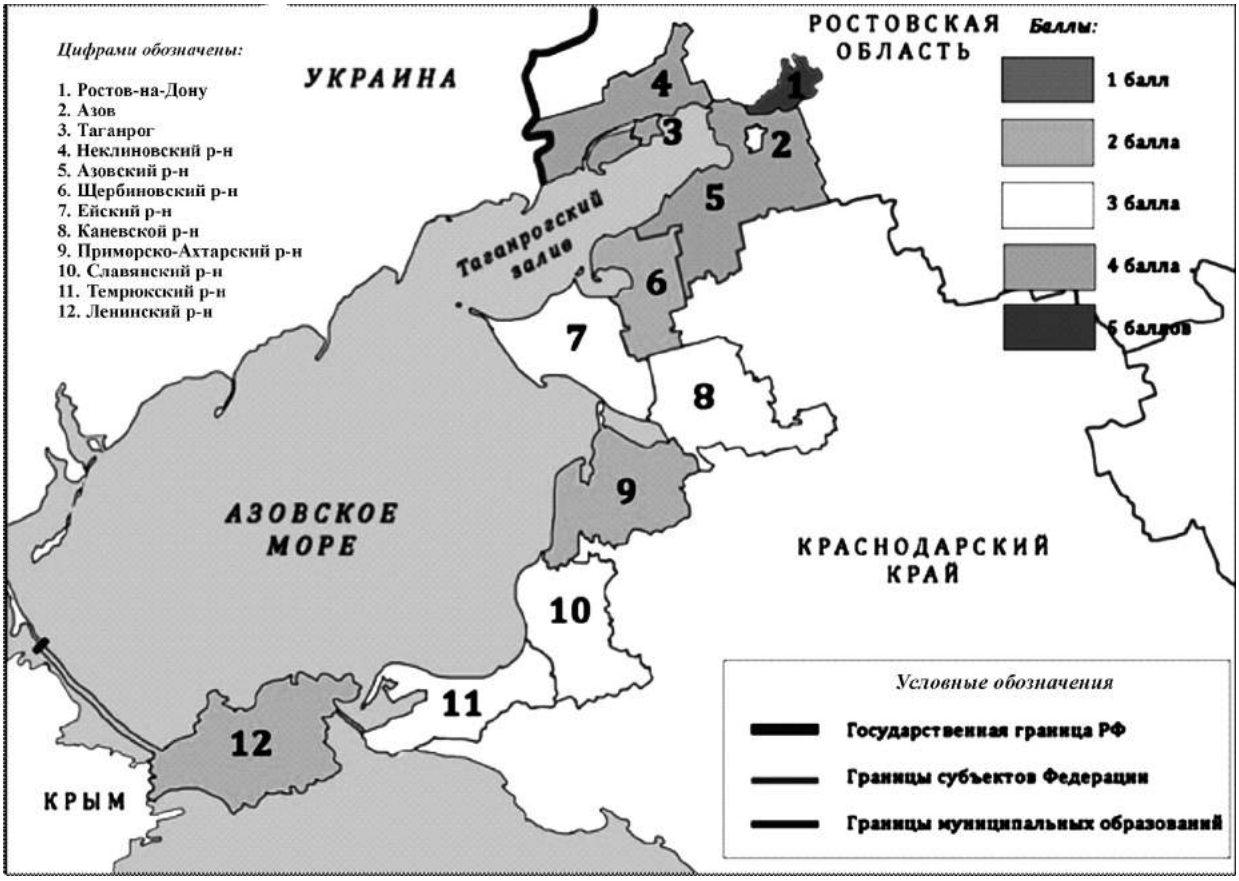


Рис. 2. Степень напряженности экологической ситуации в прибрежной зоне Азовского моря

Удовлетворительная экологическая ситуация выявлена в Щербиновском, Приморско-Ахтарском и Ленинском районах. В них преобладают относительно низкая антропогенная нагрузка и слабый уровень загрязнения атмосферы и почв.

Работа выполнена в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меринова Ю.Ю., Хованский А.Д., Меринов Ю.Н. Комплексная оценка экологического состояния городских округов Ростовской области. Ростов н/Д: ЮФУ, 2016. 187 с.
2. Хованский А.Д., Митропольский А.Ю., Марченко А.В. Комплексная оценка состояния природной среды. Ростов н/Д: РГУПС, 1998. 45 с.

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПЛАНИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.Д. Хаванский[1], В.В. Латун[1], Ю.Ю. Меринова[1], О.А. Хорошев[2], А.Н. Коновалов[1]
[1] Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
[2] Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону
khovansk@yandex.ru, vlatun@yandex.ru, yuliyamerinova@yandex.ru, ourregion@mail.ru

В прибрежной зоне Азовского моря представлены все формы жизнедеятельности человека: населённые пункты, производственные, сельскохозяйственные, социальные и рекреационные объекты, портовые сооружения, – осуществляется регулирование речного стока, добыча полезных ископаемых, дноуглубительные работы. Хозяйственная деятельность оказывает существенное влияние на прибрежные экосистемы и значительно увеличивает риск возникновения опасных техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций в прибрежной зоне [Матишов и др., 2016].

В связи с этим актуальными являются комплексная оценка современного состояния прибрежной зоны, анализ социально-экономических и экологических последствий опасных береговых процессов и разработка комплекса мер по обеспечению безопасности и устойчивого развития прибрежной зоны.

Цель работы: эколого-хозяйственная оценка прибрежной зоны Азовского моря для планирования её устойчивого развития с учётом опасных береговых процессов.

Прибрежная зона представляет собой территорию, включающую города и прилегающие к берегу Азовского моря административные районы Ростовской области, Краснодарского края, Республики Крым.

Для выявления современного состояния прибрежной зоны Азовского моря была проведена комплексная эколого-хозяйственная оценка, которая включает изучение основных природных, экономических, социальных и экологических факторов, определение соотношения между ними и их вклада в развитие береговой зоны [Хованский и др., 2006].

Для осуществления комплексной эколого-хозяйственной оценки использовались основные факторы и показатели развития городов и районов. В качестве основных факторов развития выбраны природно-ресурсный, экономический, демографический потенциалы, уровень и качество жизни населения, состояние окружающей среды. Показатели характеризуют основные параметры природных ресурсов, экономики, демографии, социальной сферы и экологии городов и районов прибрежной зоне Азовского моря.

Количественные значения показателей определяются на основании данных госстатистики и другой имеющейся информации. Интегральные значения основных факторов представляют собой бальные оценки соответствующих показателей [Сравнительные показатели … 2015; Орлинский, Хованский, 2011].

Для того чтобы сопоставлять между собой разнородные социально-экономические и экологические показатели, применялась пятибалльная система, в которой численные значения разных показателей ранжировались с помощью определенных критериев. Интегральный показатель определялся как сумма баллов отдельных показателей.

Сумма баллов по всем интегральным показателям в определённой мере отражает относительный уровень развития городов и административных районов прибрежной зоны, а соотношение интегральных пока-

зателей – характер эколого-хозяйственного баланса. Условно относительный уровень развития разделен на пять категорий: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий.

Анализ результатов эколого-хозяйственной оценки (табл. 1, рис. 1) позволяет выделить в прибрежной зоне Азовского моря несколько групп городов и районов, отличающихся уровнем развития и характером эколого-хозяйственного баланса.

1. Крупный промышленный центр – г. Ростова-на-Дону имеет наибольшую сумму интегральных показателей и самый высокий потенциал развития. Здесь установлены максимальные и высокие значения практически всех интегральных показателей, за исключением состояния окружающей среды. Эколого-хозяйственный дисбаланс города обусловлен критической экологической обстановкой.

2. Средние промышленные города Таганрог и Азов образуют следующую по уровню развития группу. В этой группе высоким является природно-ресурсный потенциал, остальные интегральные показатели характеризуются средними значениями. Устойчивому развитию этих городов препятствует высокая естественная убыль населения и напряженная экологическая ситуация.

Таблица 1. Комплексная эколого-хозяйственная оценка городов и районов прибрежной зоны Азовского моря

Города и районы в прибрежной зоне моря	Природно-ресурсный потенциал	Экономический потенциал	Население и трудовые ресурсы	Уровень и качество жизни	Экологическая ситуация	Сумма баллов
Ростов-на-Дону	5	5	5	5	2	22
Таганрог	5	4	3	4	3	19
Азов	5	3	3	4	4	19
Азовский р-н	5	2	3	2	4	16
Неклиновский р-н	5	2	2	2	4	15
Щербиновский р-н	4	1	2	2	5	14
Ейский р-н	4	2	2	2	4	14
Каневской р-н	4	2	4	3	4	17
Приморско-Ахтарский р-н	4	1	2	1	5	13
Славянский р-н	4	2	4	3	4	17
Темрюкский р-н	4	3	4	4	4	19
Ленинский р-н	3	1	2	3	5	14

3. Район интенсивного развития – Темрюкский выделяется высокими объёмами инвестиций и строительных работ, в котором, наряду с развитием портового комплекса и подъездных к нему путей, происходит строительство транспортной инфраструктуры к Керченскому мосту. На Темрюкский район приходится 27,7 % общего объема инвестиций в прибрежной зоне. В данном районе отмечается относительно благоприятная демографическая, социальная и экологическая обстановка.

4. Развивающиеся аграрно-промышленные районы: Азовский, Неклиновский, Каневской, Славянский имеют наибольшую сумму интегральных показателей среди сельских административных районов. Используя высокий природно-ресурсный потенциал и выгодное экономико-географическое положение, указанные районы интенсивно развиваются, поддерживают высокие социально-экономические показатели. Однако в результате антропогенного воздействия в данных районах сложилась напряженная экологическая ситуация.

5. К аграрным районам с относительно низкими значениями социально-экономических показателей и удовлетворительной экологической обстановкой относятся Щербиновский, Приморско-Ахтарский и Ленинский районы.

По активности проявления опасных абразионных и оползневых процессов побережье Азовского моря разделено на зоны со слабой (мене 1 м/год), средней (1–2 м/год), сильной (2–4 м/год) и очень сильной абразией (более 4 м/год). Около 30 % берегов характеризуются сильной абразией, 33 % побережья охвачены очень сильной абразией.

Доля берегов с сильной абразией увеличилась с 33 % в 2010–2012 гг. до 60 % в 2013–2014 гг. Аварийные участки с высокой скоростью разрушения берега более 2–4 м/год расположены в Неклиновском, Щербиновском, Ейском, Приморско-Ахтарском районах, на их долю приходится 33 % побережья. Участки со средней скоростью разрушения берега более 1–2 м/год находятся в Неклиновском, Азовском, Ейском и Ленинском районах. На остальных участках средняя скорость разрушения берега не превышает 1 м/год или разрушение берегов не происходит.

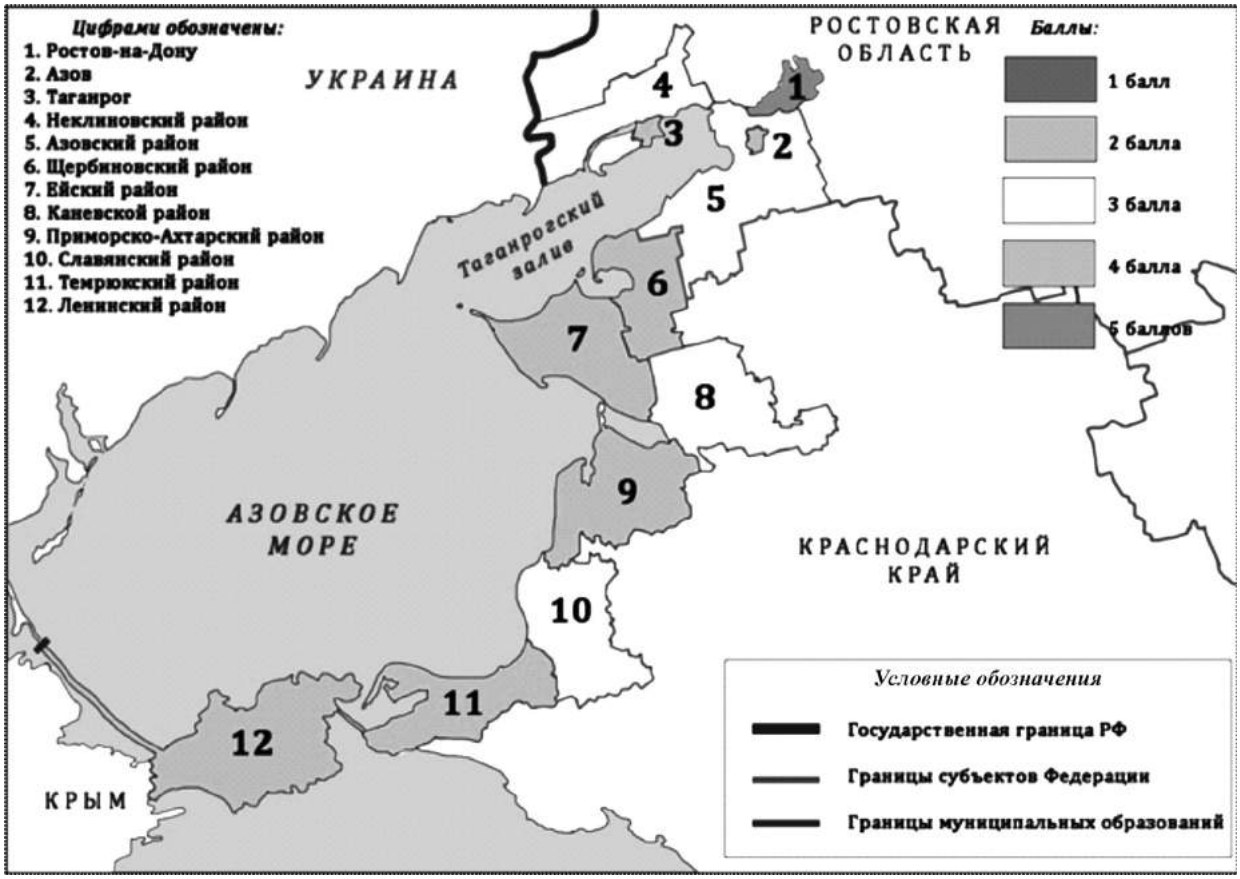


Рис. 1. Картосхема комплексной эколого-хозяйственной оценки городов и районов прибрежной зоны Азовского моря

Согласно работе [Орлинский, Хованский, 2011], основными элементами планирования устойчивого развития на местном уровне являются:

1. Партнёрство – вовлечение в процесс планирования всех заинтересованных сторон и создание рабочей группы по планированию. Для устойчивого развития необходимо сбалансированное функционирование трех, нередко противодействующих составляющих жизненного процесса: экономической, социальной и экологической. Баланс различных интересов в этих сферах возможен только на основании партнерских отношений между местными властями, предприятиями различных форм собственности, населением, природоохранными и общественными организациями.

2. Анализ местных условий и проблем включает оценку социально-экономических условий территории; анализ источников воздействия на окружающую среду; оценку состояния окружающей среды и использования природных ресурсов; выявление экологических проблем. В соответствии новыми требованиями необходимо определить риски и возможности, связанные с внешними и внутренними факторами развития прибрежной зоны.

3. Процесс планирования включает следующие разделы:

- определение целей и задач по развитию прибрежной зоны. Формирование целей производится на основе анализа местных условий, выявленных проблем с учетом причинно-следственных связей;
- разработка и обоснование мероприятий. Предлагаемые мероприятия должны быть обоснованы и оценены с помощью специальной системы критериев и показателей;
- разработка и внедрение комплексной системы мониторинга, которая предназначена для наблюдения и контроля за источниками загрязнения и состоянием окружающей среды, оценки эффективности осуществляемых мероприятий, определения соответствия качества природных компонентов установленным целевым показателям;
- разработка и совершенствование организационного, нормативно-правового и финансово-экономического механизма управления прибрежной зоной для достижения устойчивого развития территории.

4. Реализация и контроль выполнения запланированных мероприятий производится для достижения целей и выявления соответствия полученных результатов поставленным целям.

5. Оценка результатов и обратная связь используются для лучшей организации управления всем процессом, информирования общественности и заинтересованных лиц о состоянии дел и возможных изменениях, о прогрессе в продвижении к намеченным целям.

Работа выполнена в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18–05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Беспалова Л.А. Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // ДАН. 2016. Т. 471. № 4. С. 1–4.

2. Орлинский А.С., Хованский А.Д. Экохозяйственная сбалансированность и устойчивое развитие территорий. Подходы, методы, применение. Саарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 262 с.

3. Сравнительные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области. 2015. Сб. статей / Ростовстат. Ростов-н/Д, 2016. 392 с.

4. Хованский А.Д. и др. Комплексная эколого-хозяйственная оценка территории Ростовской области // Известия ВУЗов. Сев.-Кавказский регион. Ест. науки. 2006. № 10. С. 88–97.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ОПАСНЫХ АБРАЗИОННЫХ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

О.А. Хорошев[1], А.Д. Хаванский[2], В.В. Латун[2], Л.А. Беспалова[2]

[1]Южный научный центр РАН; [2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

ourregion@mail.ru, khovansk@yandex.ru, vlatun@yandex.ru, bespalowaliudmila@yandex.ru

Берега Азовского моря подвержены опасным природным процессам: оползневым и абразионным разрушениям берегов, размывам аккумулятивных кос и пляжей, затоплению прибрежных территорий при нагонном повышении уровня воды [Матишов и др., 2016]. Опасные природные и техногенные процессы в береговой зоне характеризуются значительными по масштабу, быстрыми, трудно прогнозируемыми проявлениями и угрожают разрушением жилых и хозяйственных строений, промышленных и социально-бытовых объектов.

В связи с этим важное значение имеют выявление и анализ социально-экономических и экологических последствий опасных береговых процессов для разработки комплекса мер по обеспечению безопасности и устойчивого развития береговой зоны.

Для идентификации и анализа социально-экономических объектов, подверженных влиянию абразионных и оползневых процессов в береговой зоне, разработана специальная методика. По сочетанию основных природных и антропогенных факторов формирования береговой зоны выделяются однородные функциональные участки берега, в пределах которых анализируются опасные береговые процессы и социально-экономические последствия их проявления. Методика включает выявление основных факторов формирования береговой зоны; выделение элементарных (функциональных) участков берега; установление подверженных опасности социально-экономических объектов; применение для расчетов открытых (публичных) ГИС-приложений; анализ значимости для органов управления последствий проявления опасных абразионных и оползневых процессов.

Береговая зона Азовского моря – зона непосредственного проявления опасных абразионных и оползневых процессов. Элементарный участок берега (функциональный участок) – участок берега с определенным типом природных и антропогенных процессов в береговой зоне.

К основным факторам формирования береговой зоны Азовского моря относятся: тип опасных береговых процессов, скорость абразии, вид хозяйственной деятельности, характер поселений и пр.

В береговой зоне Азовского моря, согласно [Матишов и др., 2016], распространены следующие основные типы берегов: абразионный, абразионно-оползневой, оползневой, абразионно-обвальный, абразионно-аккумулятивный, обвально-осыпной и аккумулятивный. По активности проявления опасных абразионных и оползневых процессов побережье Азовского моря было разделено на зоны со слабой (менее 1 м/год), средней (1–2 м/год), сильной (2–4 м/год) и очень сильной абразией (более 4 м/год). Около 30 % берегов характеризуются сильной абразией, 33 % побережья охвачены очень сильной абразией.

Прогнозный период принят равным 20 лет. Исходя из этого, ширина зоны исследования можно обозначить следующим образом: у берегов со слабой абразией – 20 м, со средней абразией – 40 м, с сильной абразией – 60 м, с очень сильной абразией – 80 м.

По виду хозяйственной деятельности и характеру поселения в береговой зоне Азовского моря выделяются городские поселения и округа, сельские поселения, дачные (садовые и огородные) участки, сельхозугодья, природные ландшафты.

К идентифицируемым социально-экономическим объектам относятся населенные пункты и отдельно стоящие дома, производственные, социальные и рекреационные объекты, сельскохозяйственные объекты и угодья, производственные объекты и инфраструктура морского и наземного транспорта и др.

Идентификация и анализ социально-экономических объектов, подверженных влиянию абразионных и оползневых процессов, проводится по отдельным функциональным участкам, которые представляют собой однородные участки береговой зоны с определенным (однотипным) сочетанием основных факторов формирования береговой зоны (табл. 1).

Функциональные участки и социально-экономические объекты в береговой зоне Азовского моря выделяются на основе изучения картографического материала, космических снимков, полевых исследований, сбора и анализа данных, характеризующих производственную деятельность и социальное значение этих объектов.

Таблица 1. Выделение функциональных участков в береговой зоне Азовского моря

Типы опасных береговых процессов	Скорость абразии, м/год	Вид хозяйственной деятельности и характер поселения	Функциональный участок берега
1. абразионный	менее 1	городские поселения и округа	1 – 1 – 1
2. абразионно-оползневый	1– 2	сельские поселения	1 – 2 – 2
3. оползневый	2 – 4	дачные участки	2 – 3 – 4
4. абразионно-обвальный	более 4	сельхозугодия	5 – 4 – 4
5. абразионно-аккумулятивный		природные ландшафты	и др.
6. обвально-осыпной			

В рамках данного исследования применялся ряд программных ГИС-продуктов, позволяющих находить и анализировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах. В частности, для решения поставленных задач, были использованы программные ГИС-продукты: публичная кадастровая карта Росреестра (основной официальный ресурс) и Google Планета Земля (вспомогательный ресурс).

Функциональные участки и социально-экономические объекты в береговой зоне Азовского моря выделяются с помощью открытого картографического материала (к примеру, актуализированные генеральные планы сельских и городских поселений), космических снимков (Google Планета Земля, Яндекс-карты и пр.), результатов полевых исследований (в т.ч. аэровизуального мониторинга с помощью БПЛА), аналитических данных, характеризующих производственную деятельность и социальное значение объектов. Полученные данные заносятся в базу данных с последующим отражением на крупномасштабных картах в векторном редакторе или ГИС.

По результатам идентификации составляется перечень социально-экономических объектов, подверженных влиянию абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря.

Анализ значимости для органов управления последствий проявления опасных абразионных и оползневых процессов включает оценку риска проявления абразионных и оползневых процессов, определение возможного социально-экономического ущерба.

Для апробации методики идентификации был выбран отрезок Весёло-Вознесеновского участка берега (от места впадения в Таганрогский залив р. Мокрый Еланчик, до начала кадастрового квартала 0100401), расположенный в зоне с наиболее высокими показателями интенсивности проявлений абразионных и оползневых процессов, согласно многолетним исследованиям [Хованский и др., 2015]. Участок, длиной 5,7 км (по береговой линии) находится на северном берегу Таганрогского залива Азовского моря. Координаты крайней западной точки исследуемого участка: 47,138330; 38,329997. Координаты крайней восточной точки: 47,138616; 38,401148. На данной территории, согласно [Матишов и др., 2016], преобладает абразионно-обвальный тип берега.

В пределах исследуемого отрезка имеется два мониторинговых участках реперной сети ЮФУ (точки многолетнего наблюдения за абразией) – репера № 1–2. На данных реперах за период исследований береговой зоны Весёло-Вознесеновского участка (1980–2018 гг.) была зафиксирована средняя скорость абразионных процессов: репер № 1–2 м/год (максимальная – 5,6 м/год), репер № 2–1,4 м/год (максимальная – 6,4 м/год).

Идентификация потенциально опасных социально-экономических объектов и приблизительный расчет возможного экономического ущерба (за прогнозируемый 20-летний период), выраженного в текущих кадастровых ценах (на момент расчета), была произведена в пределах экспериментального километрового отрезка Весёло-Вознесеновского участка (часть кадастрового квартала 0100101) – в районе расположения реперной точки № 1 (рис. 1).

Была составлена таблица с описанием идентифицированных объектов (участков) и расчетом величины возможного экономического ущерба.

Расчет возможного экономического ущерба осуществлялся с учетом прогнозируемого (за 20-летний период) смещения кромки абразионного берега по среднему значению максимальной скорости абразии (6,0 м/год), выявленной на реперных точках № 1–2 в ходе экспедиционных работ ЮФУ и ЮНЦ РАН. Приблизительная величина экономического ущерба (по кадастровой стоимости на момент расчета) на километровом участке исследуемой территории превысила 17,5 млн руб. (без учета возможного ущерба объектам, не внесенным в базу Росреестра).

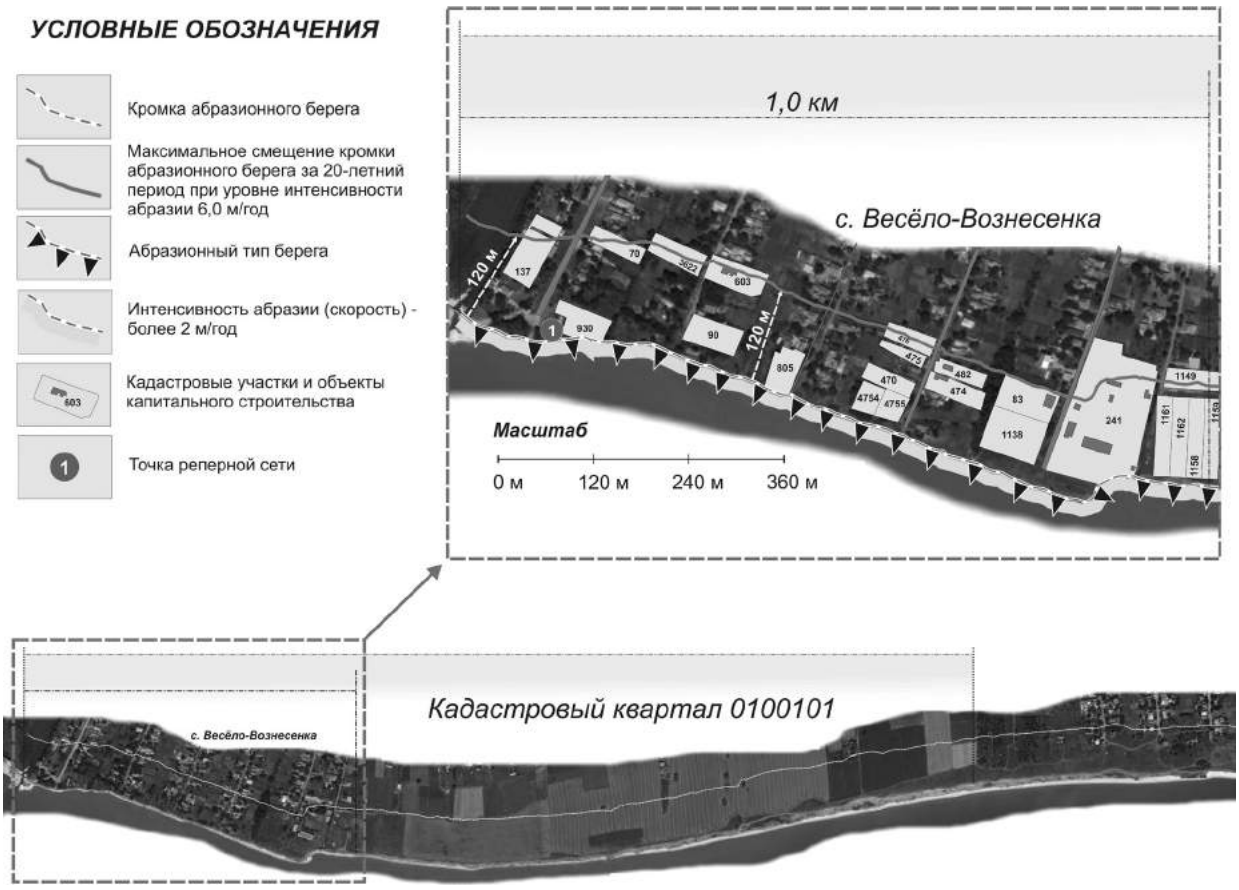


Рис. 1. Экспериментальный отрезок (расчетный участок) Весёло-Вознесеновского участка береговой зоны (часть кадастрового квартала 0100101)

Работа выполнена в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18–05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Беспалова Л.А. Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // ДАН. 2016. Т. 471. № 4. С. 1–4.

2. Хованский А.Д. и др. Экологическая безопасность (методы оценки и обеспечения): уч. пос. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. 162 с.

3. Хованский А.Д. и др. Комплексная оценка экологической опасности предприятий и территорий // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 10. С. 58–63.

ВАРАНДЕЙ-2010 – СИЛЬНЕЙШИЙ ШТОРМОВОЙ НАГОН ЗА ИСТОРИЮ НАБЛЮДЕНИЙ: ПРИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИСТИКА И ПОСЛЕДСТВИЯ

Н.Н. Шабанова, С.А. Огородов
Московский государственный университет им. Ломоносова, лаборатория геоэкологии Севера, г. Москва;
nat.Volobuyeva@gmail.com

24 июля 2010 г. в поселке Варандей на побережье Баренцева моря произошёл штормовой нагон, который привел к значительному затоплению территории и серьёзным повреждениям инфраструктуры: обрушению автомобильной дороги, разрыву газопровода, обрыву ЛЭП, выходу из действия местной метеостанции, разрушению одних хозяйственных строений и погребению других под слоем грунта, перемещению судов на сушу на десятки метров от берега. В этой работе приводятся гидрометеорологические характеристики (уровень моря, скорость и направление ветра) нагона, описаны гидрометеорологические условия его формирования, а также хозяйственные и природные последствия. Показано, что подъём уровня моря 24 июля достиг максимальных за всю историю наблюдений значений (с 1951 г.) – 3,68 м, что привело к значительному разрушению берега (местами отступание достигло 19 м). В работе использованы данные наблюдений на метеостанциях Варандей и Малые Кармакулы (Новая Земля), моделирования атмосферы (мезомасштабной модели COSMO-Ru и глобальной GFS), синоптические и навигационные карты из открытых источников, а также обобщены результаты исследований в научных источниках.

Причиной нагона стал глубокий атлантический циклон с сильнейшими ветрами. Вихрь прошёл с юго-запада из Норвежского моря по северу Скандинавии, вдоль высотной фронтальной зоны. На приземных синоптических картах с севера траекторию циклона ограничивал гребень азорского антициклона, протянувшегося от тропических широт Атлантики вдоль берегов Великобритании до самого Шпицбергена. Траектория циклона лежит вдоль высотной фронтальной зоны. Выйдя на Баренцево море, циклон оказался в высотной ложбине и получил в средней и высокой атмосфере заток холода в тыл, что спровоцировало его развитие: значение давления в центре циклона уменьшилось до 970 гПа (на станции Малые Кармакулы, Новая Земля) с 1005 гПа, которые наблюдались над Скандинавией [Булыгина, 2017]. При относительно компактных размерах – около 1000–1500 км в диаметре – циклон характеризуется большим контрастом давления в центре и на периферии: горизонтальный градиент давления в нем достигает 8–9 гПа/100 км. Резкое углубление циклона, положение его в ВФЗ, большие контрасты температур между материком и Арктическими морями (лето 2010 г. характеризуется аномально высокими температурами над ЕТР) обусловили развитие штормовых скоростей ветра: на станциях Варандей и Малые Кармакулы было зафиксировано 23 и 27 м/с соответственно, с порывами до 31 м/с. При этом максимальная скорость на ГМС Варандей остаётся неизвестной, поскольку оборудование на метеостанции было повреждено штормом. Последнее измерение выполнено в 6 часов 24 июля по местному времени. По результатам моделирования COSMO-Ru скорость ветра в Варандее достигла 27 м/с, а над акваторией Баренцева моря – более 35 м/с. Характерно, что большие скорости наблюдались по всему радиусу вихря – от центра до периферии. Этот фактор, совместно с вдольбереговой траекторией циклона, мог способствовать дополнительному повышению уровня при нагоне, как показано в работе [Peng et al., 2004].

Нагонные явления на Варандее возникают при западных ветрах. Нагон 24.06.2010 так же был обусловлен западными штормовыми ветрами. Особенность описанного события связана с компактными размерами циклона его локализации в пределах Баренцева моря: штормовые ветры обеспечили накачку вод с акватории в восточную часть моря, ограниченную Южным островом Новой Земли, о. Вайгач и Югорским полуостровом (рис. 1), что обусловило «подпор воды» к северу от Варандея и подъём уровня в пункте при установлении западных ветров.

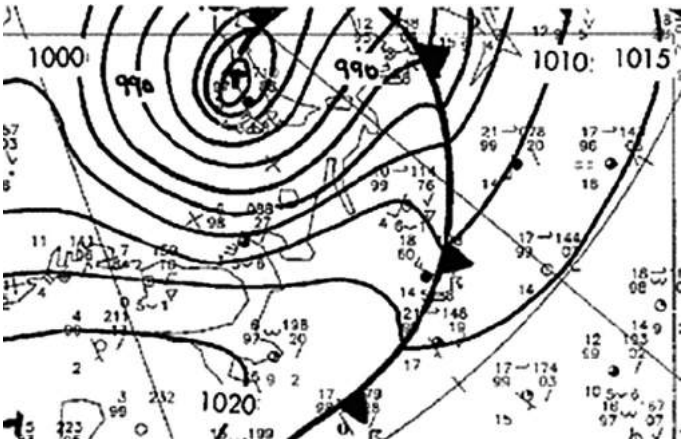


Рис. 1. Синоптическая карта от 24.07.2010 из архива немецкой службы погоды DWD [http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html]

Ведущим фактором формирования нагонов является касательное напряжение ветра. В работе [Боуден, 1988] показано, что при скорости ветра 30 м/с, действующего на расстоянии 200 км при глубине водоёма 30 м, подъём уровня составит 1,6 м. При меньшей глубине (а для района Варандея глубина моря на расстоянии 100 км не превышает 50 м, а на расстоянии 50 км – 20 м (отмель Пахтусова, с глубинами 13–16 м). На расстоянии 2–4 км от побережья глубина не превышает 10 м.

Помимо касательного напряжения ветра, источником возмущения уровня служит непосредственное влияние разницы атмосферного давления в центре циклона и на периферии. Хотя эти возмущения примерно на порядок меньше вызываемых напряжением ветра, он может составлять до 30–40 см (примерно 1 см на 1 гПа разницы давлений в центре и на периферии циклона [Murty, El-Sabh, 1984]), а при малых размерах вихрей этот эффект может возрастать [Needham, Keim, 2011]. Таким образом, с учётом глубины и размеров циклона на Варандее-2010 около 30–50 см повышения уровня могли быть спровоцированы непосредственным влиянием атмосферного давления. В работе [Peng et al., 2004] показано, что высота нагона увеличивается при движении циклона вдоль побережья и увеличении радиуса вихря с максимальными скоростями.

На Варандее выражены приливные колебания. В день шторма 24 июля 2010 г. квадратурный прилив 102 см наблюдался около полуночи (в 23 ч 23 июля, по данным [http://oceanography.ru]). Приливной подъём уровня совпал с нагонным – к полуночи ветер на метеостанции сменил направление с ЮЗ на З и достиг 11–15 м/с. Уровень моря в полночь составил 128 см. В отлив (в 5 ч) приливной подъём уровня составил 45 см. Однако фактически наблюдался разгар нагонного события – об этом свидетельствуют показания очевидцев и фото- и видеоматериалы. К сожалению, измерение уровня в 6 утра не проводилось. Максимум сизигийного прилива (142 см) наступил в 11 ч. В полдень наблюдался исторический максимум уровня – 358 см в Балтийской системе высот. Дальнейшие измерения уровня не проводились вплоть до 18 ч 25 июля.

Анализ исторических данных наблюдений за уровнем моря показывает, что такое значение уровня почти на метр превышает предыдущий максимум, наблюдавшийся 7 февраля 1978 года (табл. 1).

Были проанализированы данные срочных (4 срока в сутки) наблюдений за уровнем моря на ГМС Варандей с 1951 г. (около 43 000 значений). Информация об уровне моря доступна для периодов, когда пункт наблюдений не скован льдом. На рисунке 2а представлена функция распределения уровней моря. С обеспеченностью 50 % уровень моря составляет –30 см в Балтийской системе высот, 1 % – –93 см, 99 % – 88 см. Представленное распределение близко к нормальному. 1 % значений, которые больше 88 см, – это 430 случаев. В «хвосте» распределения, близкого к 100 %-ной обеспеченности, выделяются три участка (рис. 2б): 100–135 см, 135–150 см и так называемые выбросы функции распределения – значения больше 150 см. Такие события будем называть здесь экстремальными штормовыми нагонами. 18 экстремальных штормовых нагонов на станции Варандей перечислены в порядке убывания уровня в таблице 1.

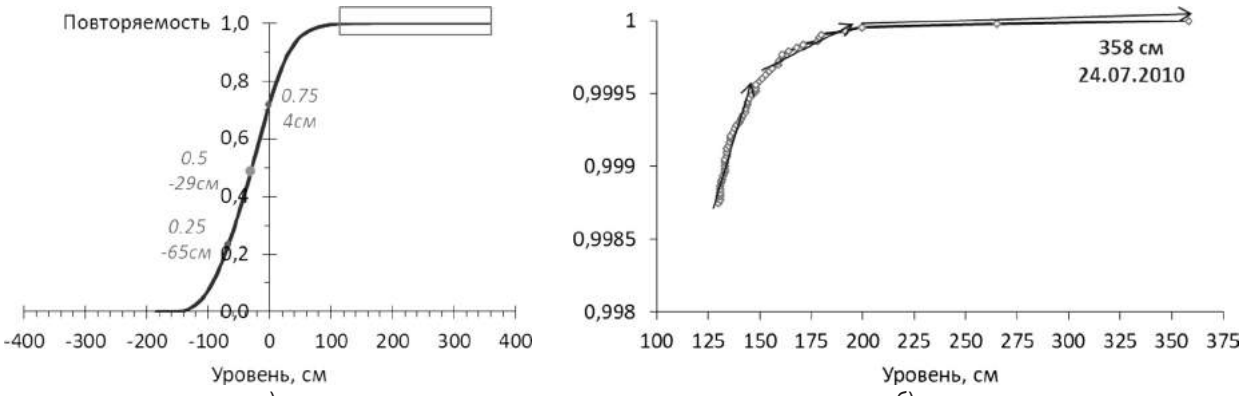


Рис. 2. Распределение значений уровня моря на ГМС Варандей по данным 6-часовых наблюдений в безлёдный период с 1951 г. (значения уровня представлены в Балтийской системе высот)

Наибольшие колебания уровня при нагоне наблюдается на мелководье и в приурезовой зоне. При движении в сторону глубокого моря величина нагонного уровня постепенно уменьшается [Герман и др., 1977]. Роль штормовых нагонов в развитии берегов заключается в том, что они создают условия для переформирования пляжей, разрушения береговых откосов и перемещения обломочного материала с одних участков на другие.

Предыдущие работы в этой тематике [Совершаев, 1977] показывают, что энергия волны обрушения, подходящей перпендикулярно берегу, пропорциональна квадрату глубины *H*:

$$E = \frac{8}{3}\rho g \gamma H^3$$

где *H* – глубина, *γ* – относительная высота волны, *γ* = *h*/*H*. Таким образом, даже небольшое повышение уровня значительно увеличивает энергетическое воздействие волн на берега. В соответствии с характером распределения нагонного уровня на подводном береговом склоне наибольшее воздействие штормового нагона следует ожидать в приурезовой зоне, т.к. там высота нагона максимальна. Показано, что волновая энергия при экстремальных штормовых нагонах, характерных для мелководных морских побережий и достигающих 2 м, увеличивается в 8–10 раз, по сравнению с энергией при среднем уровне моря.

Таблица 1
Экстремальные штормовые нагоны на ГМС Варандей (в порядке убывания уровня)
(по данным 6-часовых наблюдений за уровнем моря с 1951 г.)

№	год	месяц	день	срок	уровень, см
1	*2010*	*7*	*24*	*12*	*358*
2	1978	2	7	3	265
3	1962	12	26	15	200
4	1963	1	30	21	192
5	1963	1	30	9	180
6	1955	8	18	19	179
7	1955	8	2	19	178
8	1951	8	20	19	171
9	2009	9	27	12	168
10	1955	8	30	13	164
11	1989	9	8	21	161
12	2009	9	28	0	161
13	1955	8	20	19	159
14	2005	11	6	12	159
15	1994	5	29	18	156
16	1963	10	26	9	155
17	1979	5	30	21	153
18	2007	10	26	0	151

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив синоптических карт немецкой службы погоды DWD. URL: http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html (дата обращения: 28.05.2019).
2. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод / пер. с англ. М.: Мир, 1988. 324 с.
3. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549.
4. Герман В.Х., Еремеева Г.В., Филиппов Ю.Г., Шкудова Г.Я. Опыт расчёта непериодических колебаний уровня и течений в прибрежной зоне моря // Тр. ГОИН. 1977. Вып. 138. С. 25–37.
5. Государственный океанографический институт им. Зубова (ГОИН). URL: http://oceanography.ru (дата обращения: 28.05.2019).
6. Совершаев В.А. Расчёт суммарной волновой энергии при штормовых нагонах // Тр. ГОИН. 1977. Вып. 138. С. 28–33.
7. Murty T.S., El-Sabh M.I. Cyclones and storm surges in the Arabian Sea: a brief review. Deep Sea Research Part A // Oceanographic research Papers. 1984. Vol. 31. Issues 6–8. P. 665–670.
8. Needham H., Keim B.D. Storm Surge: Physical Processes and an Impact Scale, Recent Hurricane Research – Climate, Dynamics, and Societal Impacts. Anthony Lupo (Ed.), Intech 2011. 616 p. DOI: 10.5772/15925.
9. Peng, M., Xie L., Pietrafesa L.J. A numerical study of storm surge and inundation in the Croatan-Albemarle-Pamlico estuary system, Estuarine Coastal Shelf Sci. 2004. № 59. P. 121–137.

ДИНАМИКА ПЛЯЖЕЙ УЧАСТКА ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ 1956–2018 гг.

[1, 2] Ю.А. Шелушинин, [2] В.А. Петров

[1] Сочинский государственный университет, [2] НИЦ «Морские берега» (филиал АО ЦНИИС), г. Сочи

9117875@mail.ru

Введение. Галечные пляжи Черноморского побережья выполняют, помимо рекреационной, еще и берегозащитные функции, кроме того целенаправленно используются как эффективное волногасящее сооружение. Естественные пляжи и искусственные пляжеобразующие отсыпки наилучшим образом защищают береговой откос с его сооружениями от воздействия волн. Поэтому состояние пляжей определяет устойчивость каждого определенного участка берега.

На состояние пляжевой полосы влияет ряд факторов, таких как объем твердого стока (вынос) близлежащих рек, параметры вдольберегового потока наносов, наличие гидротехнических сооружений, проведение пляжеобразующих отсыпок и т.д.

В докладе рассматриваются параметры пляжей Черноморского побережья, полученные путем обработки данных обследования береговой полосы железнодорожной линии Туапсе – Адлер Северо-Кавказской железной дороги, проводившегося во второй половине 2018 г. [1]. В ходе обследования были изучены более 100 км побережья с целью оценки состояния пляжей и пляжеудерживающих гидротехнических сооружений. Проводится сравнение полученных параметров с данными по состоянию пляжей в 1956, 1977 и 1999 гг. [2; 3].

Методика определения параметров пляжа. По результатам полевых обследований составлены покилометровые плановые схемы прибрежной зоны [1], на которые нанесены пляжи и существующие гидротехнические сооружения на всем протяжении от Туапсе до Адлера. Привязка плановых схем производилась к эксплуатационному пикетажу железной дороги (рис. 1).

Для определения размеров и площадей пляжей использовался программный комплекс AutoCad. Покилометровые схемы были обработаны для расчета и оцифровки параметров пляжей. Для каждого километра определялись: площадь пляжей, их средняя ширина, протяженность участков без пляжа и с пляжами определенной ширины (0–5; 5–15; 15–25 и > 25 м).

Результаты обработки данных, анализ и выводы. Результатом исследований стал массив цифровых данных, отражающий параметры волногасящих пляжей на участке от Туапсе до Адлера. Средняя ширина определялась исходя из общей площади пляжа для каждого конкретного километра (рис. 2). Для участка побережья протяженностью 100 км общая площадь пляжей составила 1 979 149 м^2 (197,92 га), а общая средняя ширина пляжа – 19,8 м.

Рис. 1. Эксплуатационный пикетаж железной дороги на участке Туапсе – Адлер

Самые широкие пляжи находятся в районе 1948 км (рис. 3). На 3-километровом участке между Лоо и Уч-Дере (1947–1950 км) площадь пляжей составляет 15,61 га. Средняя ширина пляжа для 1948 км достигает 61,4 м, что является наибольшим значением для всего побережья. Экспозиция участка такова, что энергетическая равнодействующая волнения подходит практически перпендикулярно к береговой линии, что обеспечивает аккумуляцию наносов, движущихся от р. Шахе. Эти и некоторые другие факторы уже многие годы обеспечивают здесь внушительную ширину пляжа. К примеру, на данном выровненном участке берега в 1940-е и 1950-е гг. были даже устроены карьеры, из которых вывозили галечный материал вплоть до официального запрета в 1960-х гг. и даже после этого запрета.

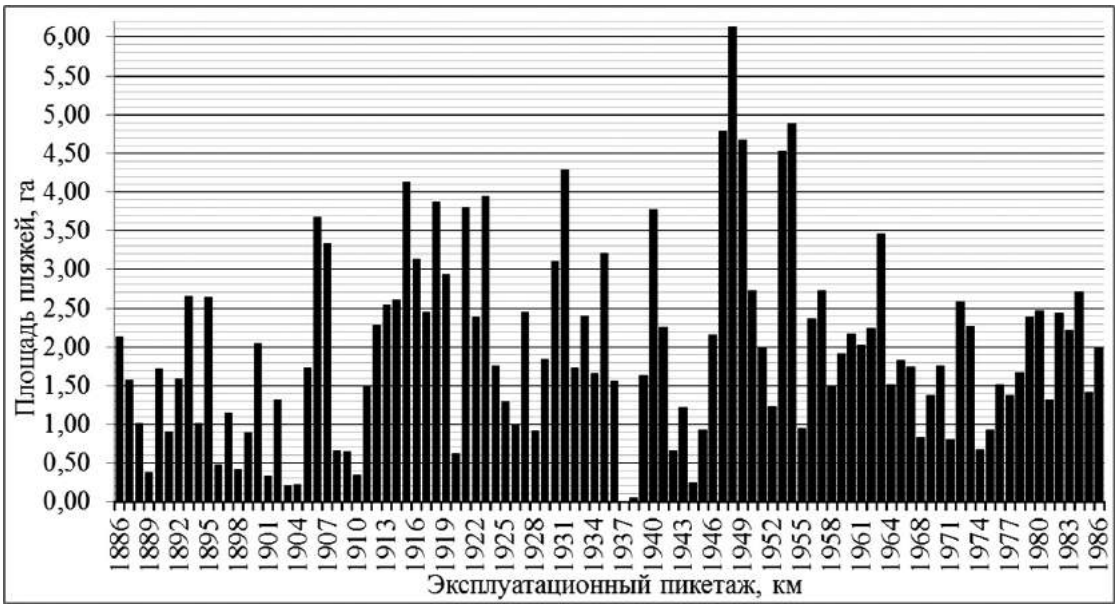


Рис. 2. Площадь пляжей на участке Туапсе – Адлер в 2018 г.

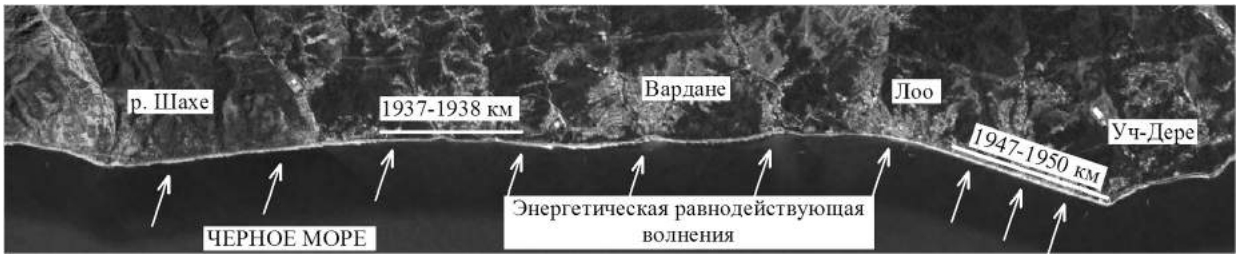


Рис. 3. Расположение участков 1937–1938 и 1947–1950 км

Особенно выделяется участок между Якорной Щелью и Вардане (1937–1938 км), где пляж полностью отсутствует на протяжении более чем двух километров (рис. 2; 4). Море в этом месте вплотную подошло к железной дороге, отгороженной пятиметровой подпорно-волноотбойной стеной, на которую прямо воздействует волнение. Следует отметить, что в 1950–70-е гг. на этом участке существовал пляж шириной около 10–15 м.

Однако к концу 1970-х гг. состояние пляжей ухудшилось вследствие устройства карьеров в устье р. Шахе и отбора больших объемов пляжеобразующего материала на нужды строительства, что привело к сокращению твердого стока, питающего вдольбереговой поток наносов.

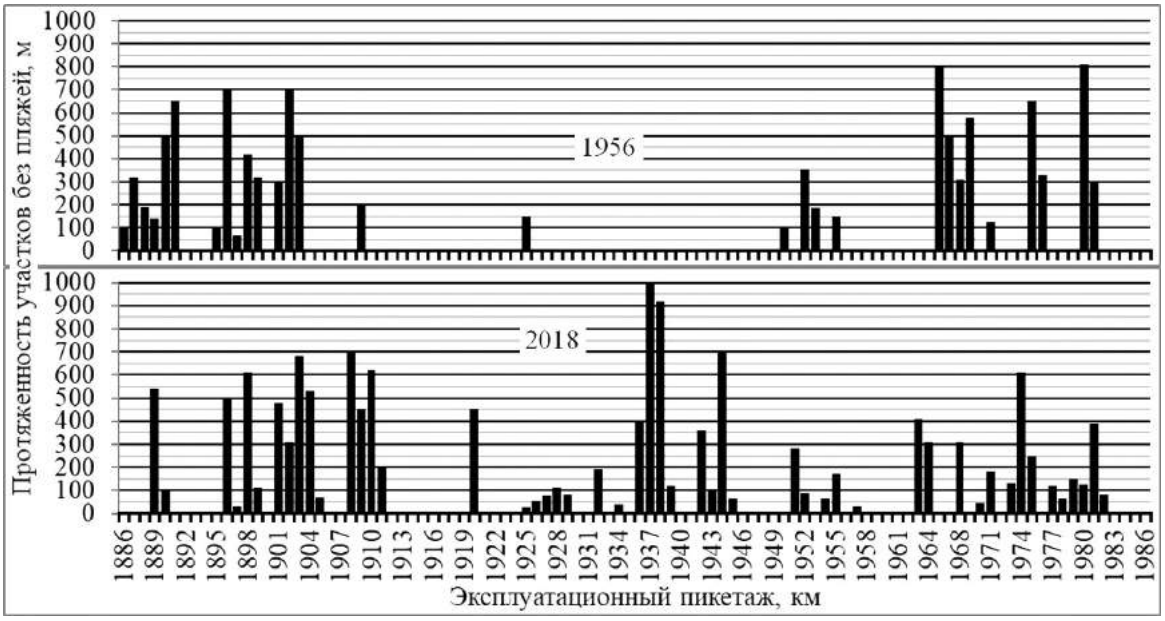


Рис. 4. Протяженность участков без пляжей

Уже в начале 1980-х гг. вдоль линии уреза моря начали устанавливать бетонные блоки со скошенной гранью с целью защиты деградирующего пляжа. Окончательное ухудшение ситуации произошло в начале 2000-х гг. в связи со строительством буны к юго-востоку от устья р. Шахе. Буна перехватила и без того слабый поток наносов, движущийся в сторону 1937 км (рис. 3). В результате чего буквально за год произошло наращивание ширины пляжа на 100-метровом участке перед новой буной и полный размыв пляжа на 300-метровом участке после этой буны по ходу вдольберегового потока наносов. Дальнейшее устройство каменно-набросных бун после 2006 г. на протяжении всего участка, вплоть до 1936 км, привело к еще большему сокращению галечного материала, поступающего к участку 1937–1938 км. В настоящее время глубина у основания подпорно-волноотбойной стены на этом участке составляет более 0,5 м.

Общая протяженность участков без пляжей увеличилась с 10,8 км (1956 г.) до 14,5 км в настоящее время. Процессы изменения прибрежной полосы различаются на определенных участках (рис. 5).

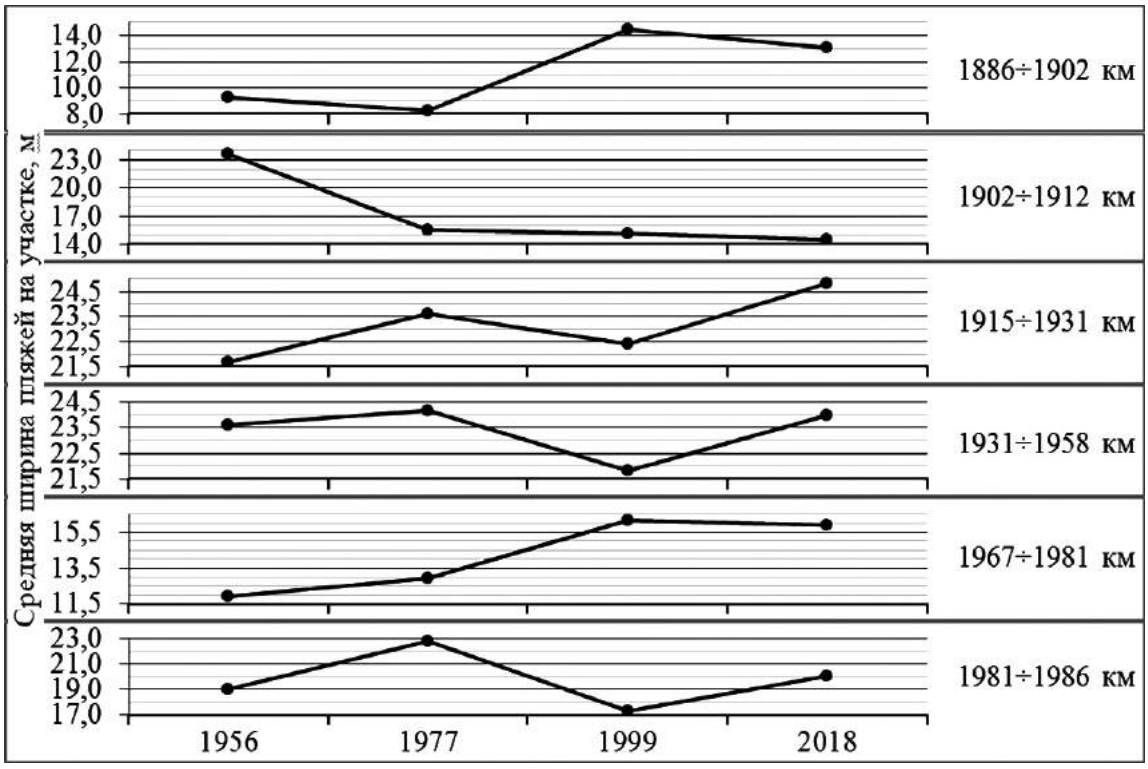


Рис. 5. Изменение средней ширины пляжа по участкам

В приведенных данных по средней ширине пляжей проявляются хорошо различимые тенденции. К примеру, на трех участках 1915–1958 и 1981–1986 км отмечается накопление наносов к 1977 г. с последующей деградацией в 1999 г. После этого ширина пляжей начинает увеличиваться к 2018 г. На участках 1886–1902 и 1967–1981 км до 1999 г. наблюдается рост ширины пляжей, сменяющийся сокращением ширины к 2018 г. На участке 1902–1912 км происходит постепенное сокращение пляжей на протяжении последних 60 лет.

В таблице 1 отражено изменение параметров пляжа на рассматриваемом участке берега за 20-летний период. Эти параметры согласуются с данными по средней ширине пляжей.

Таблица 1. Динамика пляжевой полосы за 20 лет (1999–2018 гг.)

Протяженность участков с определенной шириной пляжей	1886–1902 км			1902–1912 км			1915–1931 км		
	1999	2018	Δ, км	1999	2018	Δ, км	1999	2018	Δ, км
Без пляжа	2,10	2,38	0,28	1,01	3,57	2,56	0,14	0,81	0,67
до 5 м	1,40	1,68	0,28	0,88	1,02	0,14	0,65	0,89	0,24
15–5 м	8,50	5,94	–2,56	3,57	1,67	–1,90	4,18	3,58	–0,60
25–15 м	2,50	3,76	1,26	1,83	1,22	–0,61	4,40	2,77	–1,63
> 25 м	2,60	2,25	–0,35	2,80	2,52	–0,28	5,47	7,95	2,48
Протяженность участков с определенной шириной пляжей	1931–1958 км			1967–1981 км			1981–1986 км		
	1999	2018	Δ, км	1999	2018	Δ, км	1999	2018	Δ, км
Без пляжа	0,50	4,54	4,04	0,38	1,99	1,61	0,24	0,47	0,23
до 5 м	2,00	0,95	–1,05	1,00	0,20	–0,80	0,16	0,08	–0,08
15–5 м	7,80	5,12	–2,68	5,13	4,16	–0,97	2,20	1,02	–1,18
25–15 м	6,80	4,00	–2,80	4,53	4,52	–0,01	1,23	2,91	1,68
> 25 м	9,60	12,39	2,79	2,46	2,14	–0,32	1,47	1,52	0,05
Протяженность участков с определенной шириной пляжей	По шести участкам			Протяженности участков приведены в километрах					
	1999	2018	Δ, км						
Без пляжа	4,37	13,75	9,38						
до 5 м	6,09	4,80	–1,29						
15–5 м	31,38	21,50	–9,88						
25–15 м	21,29	19,18	–2,11						
> 25 м	24,40	28,75	4,35						

Из приведенной таблицы видно, что протяженность широких пляжей (> 25 м) в целом даже увеличивается, но одновременно с этим значительно увеличивается и протяженность участков без пляжей. Участки без пляжей расширяются за счет деградации соседних пляжей малой ширины.

Причины выявленной направленности береговых процессов детально анализируются в работе [1]. Там же даются рекомендации по проведению соответствующих берегозащитных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-исследовательские, обследовательские работы и инженерные изыскания в общем составе работ по комплексному обследованию береговой стороны железнодорожной линии Туапсе – Адлер Северо-Кавказской железной дороги. Сочи: ОАО ЦНИИС НИЦ «Морские берега», 2018.

2. Предложения по генеральной схеме укрепления железнодорожной линии Туапсе – Адлер Северо-Кавказской железной дороги. М.: ЦНИИС, 1956.

3. Разработка рекомендаций по защите земляного полотна на перегоне Туапсе – Адлер (проект «Усиление линии Туапсе – Адлер»). Сочи: ОАО ЦНИИС НИЦ «Морские берега», 1999.

DESTRUCTION OF COASTS WITH TABULAR GROUND ICE OCCURRENCE ON KOLGUEV ISLAND, EUROPEAN RUSSIAN ARCTIC

F. Günther[1,2,3], A.I. Kizyakov[4], M.V. Zimin[5], A.V. Sonyushkin[6]

[1]Institute of Geosciences, University of Potsdam, Potsdam, Germany

[2]Lab. Geoecology of the North, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

[3]Dept. of Permafrost Research, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany

[4]Dept. of Cryolithology & Glaciology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

[5]Research and Development Center ScanEx, Moscow, Russia

[6]OpenWeatherMap, Inc., NY, USA

Kolguev Island is the most western point in the Russian Arctic with tabular ground ice occurrence. Since the Barents Sea is characterized by strong sea ice decline, it is very interesting to study coastal dynamics in conjunction with cryogenic processes in this region. Destruction of arctic permafrost coasts occurs as a result of a complex suite of processes, predominantly thermal abrasion and denudation. Activation of these processes can be particularly observed in case of massive ground ice bodies (ice wedges or tabular ground ice) that become exposed on high bluffs along the coastline. Thermo-denudation of exposed ground ice includes ice ablation, thaw of enclosed frozen deposits and the development of retrogressive thaw slumps with thermo-cirque or thermo-terrace formation. Due to its high self-enforcing process intensity thermo-denudation can be referred to as one of the most hazardous processes of permafrost degradation. As a result of field and remote sensing data analysis, coastline classification and segmentation were done according to the morphodynamics principle. The following types are defined:

1) thermo-abrasion wave exposed cliffs,
2) thermo-abrasion with stabilized cliffs, bordered by beaches or accumulative terraces,
3) sheltered abrasion (thermo-abrasion) cliffs,
4) accumulating coasts and accumulative forms,
5) accumulated coasts with sheltered tidal flats,
6) deltas.

Thermo-abrasion cliff coasts are predominantly distributed in the west, north and northeast of the island, and accumulative shores in the south, southeast and east of the island (Fig. 1).

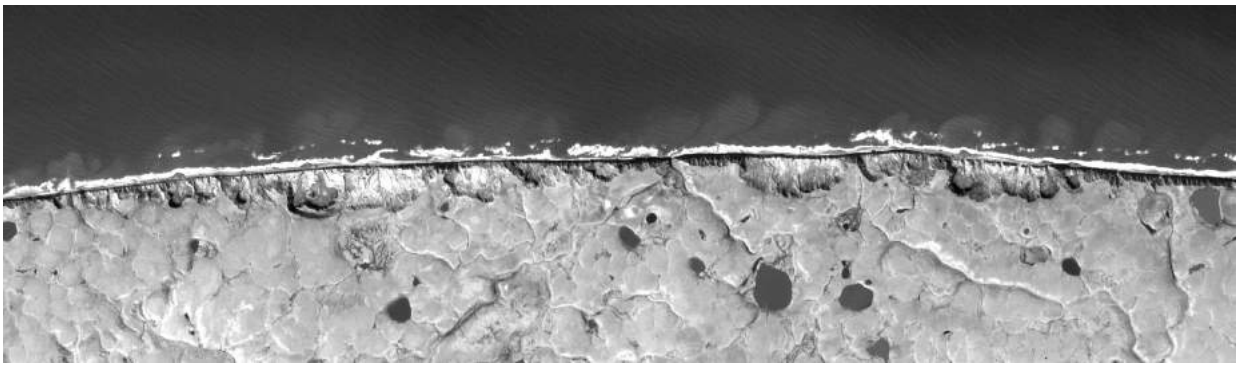


Fig. 1. High resolution Formosat satellite image of the northern coast of Kolguev Island (July 2012), showing numerous and closely spaced landward advancing retrogressive thaw slumps

New data on thermal denudation and thermal abrasion rates for Kolguev Island have been obtained using a whole set of multi-temporal satellite images of high and very-high spatial resolution (GeoEye, WorldView, Alos Prism, SPOT, Formosat, RapidEye, Kompsat, and RESURS) covering the period from 2002 to 2017. For image orthorectification purposes, the 12 m TanDEM-X DEM has been used. However, since the TanDEM-X DEM is based on averaged bistatic SAR surveys acquired during the period 2010–2012. This DEM can be used only for orthorectification of images newer than 2012 to determine the exact coastal bluff position and thermocirque edges. We therefore reconstructed the relief along erosive coastline segments by modifying the initial TanDEM-X DEM through extrapolation of coastal bluff edge elevations and restoration of the coastal plain relief at 200–300 m towards the sea for orthorectification of images prior to 2012. All raw images were terrain-corrected and georeferenced using a comprehensive block adjustment, resulting in a very high absolute and relative accuracy of all images.

On the western coast of Kolguev Island, average coastal bluff retreat rates between 2002 and 2012 varied from 1.7 to 2.4 m/year. Within key-sites that included three large thermocirques maximum headwall retreat rates ranged from 1.9 to 15.1 m/year for 2002–2012 and 2.2–13.5 m/year for 2012–2017 yrs. In comparison, activation of thermo-denudation has been also noted along the Kara Sea coast where rates raised up to 13 m/year and were generally correlated with changing environmental factors, particularly expressed in an increase on the thaw index during recent years.

An impressive illustration of the accelerated erosional regime in the region, besides enhanced erosion rates, it is of particular note that even long-term accumulative forms in the southern part of Kolguev Island are now also being eroded. Thus, on Vostochnye Ploskie Koshki (on the south of the island), the retreat of formerly accumulative coasts from 2009 to 2016 in some areas amounted up to 62 m. This study on Kolguev Island continues and expands our earlier research efforts on coastal dynamics in the region [Kizyakov et al., 2013].

Acknowledgements

This study was supported by ERC grant #338335 PETA-CARB, German Academic Exchange Service (DAAD) with funds from BMBF and EU FP7 (grant #605728), and RFBR grants № 18–05-60080 (coastal destruction rates estimation), 18–05-60221 (method of satellite images orthorectification, based on reconstructed DEM).

REFERENCES

Kizyakov, A.I., Zimin, M.V., Leibman, M.O., and N.V. Pravikova [2013]: Monitoring of the rate of thermal denudation and thermal abrasion on the western coast of Kolguev Island using high resolution satellite images // *Kriosfera Zemli*, (4) 17. P. 36–47.

СЕКЦИЯ 7

ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

РАЗВИТИЕ ВИДОВ-ИНДИКАТОРОВ ФИТОПЛАНКТОНА В ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ) И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СТАТУСА ВОДОЕМА

Л.Р. Гамбарян[1,2], А.С. Мамян[1], Хачикян Т.Г.[1], Э.Х. Гукасян[1]

[1] Институт гидроэкологии и ихтиологии Национальной академии наук Республики Армения, г. Ереван, Армения

[2] Ереванский государственный университет, г. Ереван, Армения

lus-ham@yandex.ru; lusinehambaryan@ysu.am; e_ghukasyan@yahoo.com

Менеджмент в области водных ресурсов должен оцениваться с особой тщательностью, так как принятые решения могут создавать экологические проблемы для целостности экосистем [Китаев, 2007; Hovhanissian, Gabrielyan, 2000; Reynolds, 1992].

Несбалансированная политика в управлении ресурсами озера Севан привела к антропогенному эвтрофированию в результате понижения уровня крупного водоема Южного Кавказа более чем на 20 м (1900 м НУБМ, объем воды составляет 32,92 млрд м^3, площадь зеркала 1260 км^2, длина 70 км, наибольшая ширина 55 км; озеро состоит из двух частей, соединенных перешейком: Большой Севан (БС) (средняя глубина 37.7 м) и Малый Севан (МС) (средняя глубина 50,9 м); средняя глубина озера 46,8 м, максимальная глубина 83 м. Дестабилизация озерной экосистемы, в условиях колебания уровня, отразилась на показателях качества воды, изменении физико-химических и биологических показателей [Чилингарян, Мнацаканян, 2010].

Изменение морфометрии озера при понижении его уровня привело к нарушению во всех звеньях пищевой цепи и сокращению биоразнообразия гидробионтов. Отличительной особенностью олиготрофного периода (до снижения уровня) озера Севан было лимитирование первичного звена соединениями азота, по мере усиления процессов эвтрофирования произошла инверсия по отношению к фосфору. Первичное автотрофное звено, фитопланктон озера Севан, является хорошим индикатором произошедших изменений водоема. Так, в разные периоды трофности водоема наблюдались колебания количественных и качественных характеристик микроводорослей [Гамбарян, 2001]. По мере усиления эвтрофирования наблюдалось увеличение общей биомассы, количественных и качественных показателей цианобактерий, а также впервые были зарегистрированы «цветения» воды цианобактериями родов *Anabaena* и *Aphanizomenon* начиная с середины 1960-х (высокоэвтрофный период в жизни озера, когда уровень воды с 1949–1962 гг. был понижен более чем на 13 м). Общая биомасса фитопланктона в олиготрофный период составляла 0,3 г/м^3, в период «цветений» цианобактериями (эвтрофный период) показатели биомассы уже составляли 3,5 г/м^3 [Легович, 1979].

В 2002 г. стартовала программа повышения уровня воды, в современный период превысившего отметку 3 м. В условиях изменения климата предусматривается повысить уровень озера минимум на 6 м. В результате поднятия уровня воды улучшились некоторые показатели, такие как прозрачность, однако произошли глубокие изменения в литорали озера. Затопления береговой зоны привели к образованию новых биотопов, которые отличаются своим гидрологическими, гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками от глубоководных. Плохо очищенные берега стали источником поступления дополнительного количества аллохтонного органического вещества в озеро, что проявилось участившимися «цветениями» в береговой зоне, которые влияли также и на глубоководные участки. Наиболее заметное ухудшение качества воды наблюдалось после «цветения» вида *Aphanizomenon flos-aquae* (24 млн кл/л) в 2006 г., что свидетельствовало о повторяемости процессов в озере при благоприятных условиях [Овсепян, Гамбарян и др., 2010; Овсепян, Гамбарян, 2013]. «Цветение» микроводорослей фитопланктона, в частности цианобактерий, является опасным для пресноводных экосистем и требует детального мониторинга [Newcombe, House et al., 2019].

В 2013 г. в литоральной части озера (район Шоржа) стартовала программа по восстановлению эндемичного вида севанской форели *Salmo ischchan* (из 4 рас сохранились только 2). Согласно закону об озере Севан, принятому Правительством РА в 2001 г., о восстановлении и сохранении эндемичных видов экосистемы озера. В программу ежегодного проводимого Институтом гидроэкологии и ихтиологии гидроэкологического мониторинга основных показателей озера были включены также исследования территории садков для разведения рыбы и оценки возможного влияния данной деятельности на экосистему озера [http://www.stf.am/ru]. Анализ горизонтального и вертикального развития фитопланктона литорали озера последних лет с 2016–2018 гг. выявил неравномерное распределение показателей, ежегодные «цветения» цианобактериальных и диатомовых таксонов в летне-осенний период, непредсказуемые сукцесси во флористическом составе водорослей. Наиболее интенсивным было «цветение» цианобактериального таксона *Anabaena flos-aquae* в 2018 г., которое распространилось на всю акваторию озера и составило 66 г/м^3 в литре воды. В период цветения прозрачность воды на различных станциях составляла 0,2–4 м, количество растворенного кислорода (O_2) 9,3–11,7 мг/л, температура поверхности воды – от 20,2–23,6 °С.

Количество фосфат-ионов в поверхностном слое составляло 0,08 мг/л, показатель нитрат-ионов был 0,18 мг/л.

С помощью космических съемок Sentinel-2 и сервиса USGS Earth Explorer [https://earthexplorer.usgs.gov] было выявлено, что цветение воды началось в Большом Севане в районе устья р. Масрик. По показателям сапробности определено, что в Малом Севане «цветение» было более интенсивным: и по количественным показателям, и по времени оно продлилось дольше (больше месяца), что может говорить о более высоком трофическом статусе в период «цветения». Динамика среднегодовых показателей биомассы фитопланктона в 2016–2018 гг. в Большом Севане составляла 1–8 г/м^3, а в Малом Севане – от 3,5 до 7,5 г/м^3. В обеих частях озера наблюдалось увеличение среднегодовых показателей, максимальные показатели были отмечены в 2018 г.

Данные факты свидетельствуют об активации процессов эвтрофирования, современное состояние озера Севан можно характеризовать как мезотрофное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гамбарян Л.Р. Сезонная сукцессия фитопланктона в период повторного понижения уровня вод озера Севан: автореф. дис. … канд. биол. наук. Ереван, 2001. 24 с.

Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.

Легович Н.А. О «цветении» воды оз. Севан // Экология гидробионтов озера Севан. 1979. № 17. С. 51–74.

Овсепян А.А., Гамбарян Л.Р. Некоторые сведения о развитии фитопланктонного сообщества озера Севан // Тр. Братск. гос. ун-та. Т. 2. Братск, 2013. С. 193–195.

Овсепян А.А., Гамбарян Л.Р., Оганесян Р.О., Гусев Е.С. Планктонные водоросли озера Севан // Экология озера Севан в период повышения его уровня. Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 90–104.

Фонд восстановления запасов севанской форели и развития рыбоводства. URL: http://www.stf.am/ru (дата обращения: 27.05.2019).

Чилингарян Л.А., Мнацаканян Б.А. Гидрология бассейна озера Севан // Экология озера Севан в период повышения его уровня. Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 28–40.

Hovhanissian R., Gabrielyan B. Ecological problems associated with the biological resource use of Lake Sevan, Armenia, Elsevier // Ecological engineering. 2000. 16. P. 175–180.

Newcombe G., House J., Ho L., Baker P., Burch M. Management strategies for Cyanobacteria (Blue-Green algae): A guide for water utilities. Research Report 74. 2010. Water Quality Research Australia Limited. URL: www.wqra.com.au (дата обращения: 27.05.2019).

Reynolds C.S. Eutrophications and management of planktonic algae what Vollenweider couldn`t tell us. Eutrophication research and application to water supplies // Freshwater Biological Assosiation / Ed. Sutcliffe D.W., Jones J.G. 1992. P. 4–29.

US Geological Survey. Earth Explorer. URL: https://earthexplorer.usgs.gov (дата обращения: 25.05.2019).

АРХИТЕКТОНИКА ЧЕШУИ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ БЫЧКОВ

А.Ю. Карасёва[1], А.В. Старцев[1, 2], В.А. Бутова[1]
[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
[2] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
alexandrakaraseva2508@mail.ru

Чаще всего чешуя костистых рыб используется для определения возраста, что является традиционным методом в ихтиологии, без которого невозможно ни одно исследование биологии рыб. Реже изучение формы и основных структур чешуи используется в таксономии, в качестве систематического признака.

Целью исследования являлось проведение сравнительного анализа и выявление межвидовых морфологических особенностей чешуи понто-каспийских бычков – бычка сирмана *Neogobius syrman*, бычка кругляка *Neogobius melanostomus*, бычка гонца *Neogobius gymnotrachelus*.

Отбор и обработку чешуйного материала проводили стандартным методом. С боковой линии отбирали по 5–6 чешуй в чешуйные книги, затем обрабатывали слабым раствором аммиака. Исследование поверхности чешуи проводили с помощью стереоскопического микроскопа МБС-10 и цифровой камеры MyScope 320M CCD.

По ходу анализа дано описание формы, структуры и рельефа чешуйной пластины, установлено наличие ктениев представлены их форма, расположение радиальных лучей.

Тело большинства костистых рыб покрыто эласмоидной чешуей, которая, в свою очередь, делится на два типа: циклоидная и ктеноидная. Наибольший интерес в изучении архитектоники и морфологии чешуи представляют те виды, тело которых покрыто полностью или частично (+ циклоидная) ктеноидной чешуей.

Характерной чертой ктеноидной чешуи является наличие гребня (на наружном краю каудального поля), состоящего из одного или нескольких рядов игловидных костных выростов (ктений).

Использовать форму ктениев в таксономии семейства Бычковые не представляется возможным, так как она сильно варьирует в пределах даже одной чешуи. Ни число, ни размеры ктениев не имеют таксономического значения. Форма чешуи семейства Gobiidae разнообразна. Ее определяют такие показатели, как угол, образованный при стыковке краниального и латеральных полей или каудального и латеральных полей. Обычно угол, образованный границами латеральных полей и краниального поля, обозначается как базилатеральный угол, а угол, образованный границами каудального и латерального полей, – как апилатеральный угол [Дгебуадзе; Чернова, 2009]

Базилатеральный и апилатеральный углы хорошо различимы у большинства бычковых, кроме бычка сирмана. Анализ формы чешуи показывает различия размеров и выраженности базилатерального и апилатерального углов, конфигурации краев краниального и каудального полей [Kobayasi, 1952].

Бычок сирман *Neogobius syrman*

У данного вида преобладает веерообразная форма чешуи. Центр занимает крайнее положение на каудальном поле, склериты имеются на всей поверхности чешуи. Каудальный край волнистый, иногда снабжен невысоким гребнем. Краевые ктении располагаются в один ряд вдоль свободного края каудального поля (рис. 1).

Рис. 1. Чешуя бычка сирмана *Neogobius syrman*

Бычок кругляк *Neogobius melanostomus*

У бычка кругляка чешуи слабо перекрываются, поэтому имеют округлую форму. Центр сдвинут в каудальном направлении. Краниальное поле снабжено невысоким гребнем. Ктении располагаются в один ряд вдоль свободного края каудального поля (рис. 2).

Рис. 2. Чешуя бычка кругляка *Neogobius melanostomus*

Бычок гонец Neogobius gymnotrachelus

У бычка гонца чешуи слабо перекрываются и имеют округлую форму. Центр сдвинут в каудальном направлении. Краниальное поле снабжено невысоким гребнем. Краевые ктении располгаются в один ряд вдоль свободного края каудального поля (рис. 3).

В результате полученных данных в ходе исследований чешуи рыб семейства бычковые были установлены межвидовые морфологические особенности. Выявлено, что видовые различия заключаются в форме и расположении центра чешуи. У бычка сирмана преобладает веерообразная форма чешуи. Центр занимает крайнее положение на каудальном поле. Форма чешуй зависит от степени их перекрывания. У бычка гонца и бычка кругляка чешуи слабо перекрываются и имеют округлую форму. Центр сдвинут в каудальном направлении, а краниальное поле снабжено невысоким гребнем. У всех видов бычковых радиальные лучи многочисленны, расположены на каудальном поле и расходятся от центра к краям чешуи. Ктении удлиненные, располагаются в один ряд вдоль свободного края каудального поля. Базилатеральный и апилатеральный углы хорошо различимы у большинства бычковых, кроме бычка сирмана.

Рис. 3. Чешуя бычка гонца *Neogobius gymnotrachelus*

Таким образом, полученные данные о структуре чешуи рыб семейства бычковые могут быть применены для видовой идентификации. Диагностика рыб по чешуе очень важна не только в биологии, но и в палеонтологических работах, анализе донных отложений и в других сферах деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дгебуадзе Ю.Ю., Чернова О.Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 315 с.
2. Kobayasi H. Comparative studies of the scales in the Japanese freshwater fishes, with special reference to phylogeny and evolution. I. Introduction // Introduction. Japanese J. of Ichthyology. Vol. 2. 1952. P. 183–191.

СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РЫБ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

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

С каждым годом возрастает актуальность создания и разработки новых экономически эффективных биотехнологий для аквакультуры и сохранения биологического разнообразия гидробионтов. Особенно они необходимы для решения задач по восстановлению редких и исчезающих видов рыб. В соответствии с обязательствами России по соблюдению Конвенции о биологическом разнообразии и других международных актов о сохранении природы, а также Закона РФ «Об охране окружающей среды» необходимо усилить работу по сохранению биоразнообразия ихтиофауны и водных беспозвоночных в нашей стране. Важнейшим направлением этой деятельности является формирование генофондных коллекций как живых, так и сохраняемых в виде замороженного репродуктивного материала, в основном спермы.

Существующие технологические схемы аквакультуры недостаточно эффективны. В случае стихийных бедствий, массовых заболеваний или техногенных катастроф рыбоводные предприятия не способны обеспечить воспроизводство посадочного материала в необходимых количествах. Кроме того, для восстановления их работы потребуется значительное время и средства. Работа рыбоводных заводов по воспроизводству естественных популяций затруднена из-за недостатка полноценных производителей рыб, особенно осетровых.

Из года в год количество осетров-производителей естественного происхождения значительно сокращается, о чём свидетельствуют данные по освоению выделяемых квот осетровых рыб для целей искусственного воспроизводства на заводах Астраханской области, так в 2012 г. освоение составило 45 %, 2013–20,6 %, в 2014 г. – 7,2 %, а в 2016 г. всего 5,2 %. В 2017 г. искусственное воспроизводство осуществлялось только за счет производителей собственных стад, т.к. как заготовка организована не была. В этих условиях деятельность осетровых рыбоводных заводов по искусственному воспроизводству могла прекратиться, и только благодаря своевременному формированию продукционных стад осетровых рыб на заводах Волго-Каспийского бассейна работа ОРЗ по выращиванию и выпуску молоди в водоёмы нижней Волги продолжается, что способствует сохранению и восстановлению природных популяций этих реликтовых видов рыб [Астафьева, Васильева, 2017].

Кроме того, по результатам собственных наблюдений, на рыбоводных заводах качество спермы белуги и русского осетра в последнее время значительно снизилось. Так, сперма русского осетра, которая ранее сохраняла свои репродуктивные качества в течение 3 суток в условиях хранения при температуре +4 °С, в этом году в специально разработанных установках сохраняла свои качества менее одних суток. Среднее время ее жизни составляло не более 12 мин. (ранее 25–30 мин.) [Тихомиров, 2017].

Прогресс в области криобиологии, биологии развития, популяционной генетики и селекции рыб, а также в других областях науки позволяет приступить к созданию новых технологий аквакультуры, отличающихся более высокой экономической эффективностью и стабильностью.

Становятся актуальными не только формирование живых генофондных коллекций, но и сохранение генетического материала в виде глубокозамороженных спермиев, эмбрионов/предличинок в криобанках.

Одним из перспективных направлений увеличения генетического разнообразия является формирование криобанков и долгосрочное хранение спермы в жидком азоте.

На современном этапе развития индустриальная аквакультура тесно связана с использованием репродуктивных клеток, хранящихся в криобанках [Матишов и др., 2013; Пономарёва и др., 2017а, б; Красильникова, Тихомиров, 2018]. Экономический эффект использования генетического материала осетровых рыб, хранящегося в низкотемпературных банках, по сравнению с долговременным содержанием большого количества самцов в условиях рыбоводных хозяйств, ярко выражен независимо от специализации аквакультурного предприятия [Чипинов, Богатырёва, 2011].

Применение замороженно-оттаянных половых продуктов различных видов рыб с известным генотипом позволит сформировать высокопродуктивные маточные стада рыб, скрещивать географически удаленные друг от друга стада, а также рыб, нерестящихся в разные сроки и сохранять естественные и доместицированные популяции рыб [Савушкина, 2013].

Сотрудниками Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону) для повышения уровня гетерогенности получаемого потомства и исключения негативных последствий инбридинга, предложена схема формирования маточного стада осетровых рыб в индустриальных условиях с использованием для пополнения стада резерва

криоконсервированных репродуктивных клеток самцов (сперматозоидов), сохраняющихся в низкотемпературном банке спермы. При формировании и эксплуатации маточного стада рыб рекомендовано ежегодное использование 10 % долгосрочно хранившихся в жидком азоте репродуктивных клеток самцов из криобанка, что дает возможность применения высококачественной спермы в любое время, исключения риска несвоевременного созревания рыб и использования большего числа самок в репродуктивных целях.

В настоящее время совершенствование методов низкотемпературного консервирования идет путем оптимизации существующих методов, применения комбинированных методов, а также поиска новых подходов к переводу клеток в состояние покоя [Красильникова, 2015; Красильникова, Тихомиров, 2016; Пономарёва и др., 2016]. Такие разработки открывают новые перспективы консервации биоматериалов как для разработки фундаментальных основ, так и для практического применения в целях воспроизводства.

Однако для воспроизводства и пополнения запасов исчезающих видов недостаточно сохранять только репродуктивные клетки самцов. В сфере рыбного хозяйства задача замораживания и хранения яйцеклеток рыб до сих пор находится в стадии экспериментальных разработок.

Попытки криоконсервации яйцеклеток и эмбрионов рыб начали делать в конце 1970-х гг. Пытались замораживать икру как морских, так и пресноводных рыб: сельди, карпа, форели; проходных (кижуча, атлантического лосося); теплолюбивых (карпа, данио) и холодолюбивых рыб (гольца). Но эти исследования не принесли положительного результата.

Очевидно, что сложности с криоконсервацией этого типа половых клеток связаны с тем, что предназначение и биология яйцеклетки кардинально отличается от таковых сперматозоида, что обусловило различия в их строении.

Разработка методики криоконсервации яйцеклеток рыб позволит в любой момент, не имея производителей, получить здоровую молодь из замороженных половых продуктов.

Решение задачи криоконсервации репродуктивных клеток рыб является конечным звеном в проблеме сохранения генетического разнообразия редких и исчезающих рыб. Создание коллекций и запасов спермы и яйцеклеток рыб, популяции которых находятся на грани исчезновения, открывает возможности для восстановления их численности с соблюдением генетической гетерогенности генофонда. Использование полного набора половых клеток (сперма и яйцеклетки) в криобанках позволят не только восстанавливать популяции рыб, относящиеся к вымершим и исчезающим видам, но и открывать новые возможности при товарном выращивании культивируемых рыб, а также создавать рациональное построение маточных стад в направлении соотношений самцы – самки. Последнее создает условия для выведения различных гибридных форм разводимых видов и пород рыб.

Специалистами Южного научного центра РАН совместно с Астраханским государственным техническим университетом начато формирование криобанка спермы рыб, что создаст определенный механизм управления популяциями [Пономарёва и др., 2012]. Создана методика формирования криобанка на основе сбора клеточного материала репродуктивных клеток от диких особей и рыб, содержащихся в искусственных условиях [Пономарёва и др., 2016].

Коллекционный фонд половых клеток самцов создан при использовании современных методов криоконсервации [Тихомиров и др., 2011; Красильникова, Тихомиров, 2014; 2015; Белая, Красильникова, 2019; Krasilnikova, Tikhomirov, 2014], также проводится отработка приемов использования замороженных клеток при получении молоди рыб [Пономарёва и др., 2017б; Красильникова, Тихомиров, 2018].

Таким образом, криоконсервация спермы рыб является одним из актуальных направлений в стратегии сохранения генетического биоразнообразия в условиях климатических и антропогенных изменений. Замороженный генетический материал может использоваться для восполнения дефицита производителей и корректировки существующих технологий искусственного воспроизводства.

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

Астафьева С.С., Васильева Л.М. Анализ участия производителей осетровых рыб разных групп в искусственном воспроизводстве на осетровых заводах Астраханской области // Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 37–40.

Белая М.М., Красильникова А.А. Влияние скорости замораживания на рыбоводные качества спермы осетровых рыб // Вестн. АГТУ. Сер.: Рыбн. хоз-во. 2019. № 1. С. 83–90.

Красильникова А.А. Совершенствование процесса криоконсервации репродуктивных клеток самцов рыб: автореф. дис. … канд. биол. наук. Астрахань, 2015. 24 с.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Корреляция объемов эндоцеллюлярного протектора в криозащитных средах и внутриклеточной жидкости сперматозоидов осетровых рыб // Естественные науки. 2015. № 3 (52). С. 105–111.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Новые биотехнологические подходы при криоконсервации спермы рыб // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сб. мат-лов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции / в 3 т. 2016. С. 398–400.

Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Объем замораживаемого образца как один из факторов выживаемости сперматозоидов осетровых видов рыб при криоконсервации // Естественные науки. 2014. № 2. С. 62–69.

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.

Матишов Г.Г., Пономарёв С.В., Баканева Ю.М., Болонина Н.В., Грозеску Ю.Н., Кокоза А.А., Распопов В.М., Пономарёва Е.Н., Федоровых Ю.В., Лагуткина Л.Ю., Белая М.М., Бахарева А.А., Красильникова А.А. Справочник рыбовода. Инновационные технологии аквакультуры Юга России. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. 224 с.

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. № 11(1). С. 59–68.

Пономарёва Е.Н., Красильникова А.А., Фирсова А.В., Белая М.М. Криоконсервация репродуктивных клеток рыб: история и перспективы // Рыбн. хоз-во. 2017а. № 4. С. 85–88.

Пономарёва Е.Н., Неваленный А.Н., Белая М.М., Красильникова А.А. Использование криоконсервированной спермы для формирования маточного стада стерляди // Вестн. АГТУ. Сер.: Рыбн. хоз-во. 2017б. № 4. С. 118–127.

Пономарёва Е.Н., Тихомиров А.М., Богатырёва М.М., Красильникова А.А. Криоконсервация репродуктивного материала рыб: разработки Южного научного центра Российской академии наук // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: мат-лы VII Междунар. конф. 2012. С. 55–58.

Савушкина С.И. Искусственное воспроизводство осетровых рыб с использованием криотехнологий // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры: докл. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, ВВЦ, 5–6 февр. 2013 г.). М.: Изд-во РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. С. 429–440.

Тихомиров А.М. Корректировка методики криоконсервации половых продуктов осетровых рыб нижней волги при создании маточного стада // Мат-лы научн. мероприятий, приуроченных к 15-летию ЮНЦ РАН: Междунар. науч. форума «Достижения академической науки на Юге России»; Междунар. молодежной науч. конф. «Океанология в XXI в.: современные факты, модели, методы и средства» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова; Всерос. науч. конф. «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки». Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. С. 433–434.

Тихомиров А.М., Богатырёва М.М., Красильникова А.А. Разработка криозащитных сред для низкотемпературного консервирования сперматозоидов белорыбицы (*Stenodus leucichthys* Güldenstädti, 1772) в целях сохранения генофонда // Вестн. АГТУ. Сер. Рыбн. хоз-во. 1/2011. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2011. С. 58–62.

Чипинов В.Г., Богатырёва М.М. Экономическая эффективность использования криоконсервированной спермы при выращивании осетровых видов рыб // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности Юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: мат-лы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 27–30 сент. 2011 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. С. 133–135.

Krasilnikova A.A., Tikhomirov A.M. Alternative methods of preparation of fish sperm to freeze at ultra-high values of cooling rate // Вестн. АГТУ. Сер. Рыбн. хоз-во. Астрахань, Изд-во АГТУ. 2014. № 2. С. 72–78.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СПОСОБНОСТИ К АДАПТАЦИЯМ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДОВ *ANAS* И *AYTHYA* В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.В. Малько
Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Республика Крым
sergmalko@rambler.ru

Сейчас существует множество путей оценки состояния популяций; но в основном все они требуют сложных и трудоемких исследований. Сначала необходимо получить какой-то объем сведений во времени (то есть иметь несколько разнесенных во времени достаточно объемных выборок, характеризующих физиологическое состояние однородных половозрастных групп); затем требуется знание динамики численности популяции для определения ее тенденции.

Надежным инструментом для оценки состояния популяции и прогноза ее изменений является исследование ее генофонда. При этом высокая гетерозиготность популяции – это гарантия ее экологической пластичности, то есть возможности адаптироваться к различным условиям. Следует отметить, что анализ генотипов является крайне сложной и объемной работой [Лысенко, 1988].

Разработанный С.С. Шварцем метод морфофизиологических индикаторов [Шварц и др., 1968] служил для сопоставления различных популяций при их «мгновенной» оценке, а также для определения различий между ними (сезонных, географических и других). Так, сезонная динамика относительной массы (индексов) внутренних органов (сердца, печени, почек и других органов) различных популяций птиц позволяет характеризовать эти популяции в их иерархии. При сравнении значимости различных морфофизиологических индикаторов и экстерьерных показателей выяснилось, что для целей определения состояния конкретной популяции можно с успехом использовать как размерные признаки, так и весовые показатели (длина и масса тела и его частей) [Лысенко, 1988; Шварц и др., 1968].

С целью выяснения способностей к адаптации представителей родов *Anas u Aythya* отряда гусеобразные (Anseriformes) нами в 2010–2015 гг. проводились исследования наиболее значимых индексов (надпочечников, почек, печени, сердца, желудка). В качестве модельных видов были выбраны следующие: кряква *(Anas platyrhynchos)* (n = 215), чирок-свистунок *(Anas crecca)* (n = 194), чернети морская *(Aythya marila)* (n = 153) и красноголовая *(Aythya ferina)* (n = 134). Принималось во внимание, что индексы внутренних органов птиц являются чувствительным индикатором адаптационных возможностей и даже у взрослых особей способны к изменениям. Следует также отметить, что для оценки состояния популяций, важны не только сами индексы показателей, но и амплитуда их колебаний, то есть коэффициент вариации индекса (или самого признака). Обработка результатов производилась с использованием t-критерия Стьюдента ($p \leq 0{,}05$).

Известно, что любые условия, которые требуют мобилизации ресурсов организма и его отклика на разные раздражители, приводят к гипертрофии надпочечников. Нами было установлено, что это наиболее характерно для молодых птиц, в особенности для кряквы. У птиц других видов (чирка-свистунка, морской и красноголовой чернети) наблюдаются значительные половые различия по относительному весу надпочечников в зависимости от возраста. В течение осени происходит увеличение абсолютных показателей, которое в начале зимы прекращается. Индекс же надпочечников во времени у птиц разных полов изменяется незначительно, причиною этого явления, на наш взгляд, может служить значительное возрастание массы тела перед миграциями (у очень упитанных уток он даже несколько снижается). У некоторых видов, которые прилетают в Крым из таежной и тундровой зон, наблюдается неоднозначная динамика относительного веса надпочечников, которая имеет прерывистый характер.

Скорее всего, это связано с миграцией представителей разных географических популяций по времени к местам с высокой концентрацией кормов: у тех, которые прибыли позже, отмечается некоторое отставание по различным показателям. Так как через гормоны надпочечников реализуется управление метаболизмом, то усиление их деятельности приводит к гипертрофии этих желез, причем это происходит синхронно с изменением массы тела. Поэтому осенью вес надпочечников у большинства модельных видов меньше, чем весной. Это объясняется тем, что осенью происходит формирование жировых депо, при этом происходит расщепление гликогена, под влиянием гормонов надпочечников, и депонировании его уже в виде жира, как более легкого по массе энергоносителя. Повышение индекса надпочечников сопровождается также и увеличением интенсивности пероксидного окисления липидов [Малько, 2012]. У видов с низкой эффективностью антиоксидантной системы из-за недостаточности функциональных резервов, вероятность гибели особей значительно выше, чем у видов с высокой эффективностью антиоксидантной системы [Малько, 2012].

Среди интерьерных признаков индексу печени как важному морфофизиологическому индикатору состояния организма уделяется особое внимание. Это обусловлено различной функциональностью этого органа (депо гликогена, участвует в расщеплении и синтезе жиров, жирных кислот и т.д.). Так, по динамике депонирования гликогена в печени можно оценивать состояние метаболических процессов в организме и уровень его функциональных резервов. У модельных видов относительный вес печени увеличивается с лета до осени, приобретая пиковые значения в разное время. Это связано с неодинаковой обеспеченностью кормами и динамикой их качества, особенности содержания в них углеводов. Так у кряквы индекс печени максимума достигает в сентябре, затем наблюдается его постепенное снижение, что совпадает с моментом линьки. В период миграции и зимовок относительный вес печени постепенно снижается из-за уменьшения содержания гликогена. У чирка-свистунка в течение миграции в сентябре он медленно снижается, а затем наблюдается его динамическое возрастание, которое отмечается значительной изменчивостью. В Крыму птицы этого вида часто концентрируются на морских отмелях, где доступность кормов часто определяется сгонно-нагонными явлениями. Самцы успевают раньше накопить запасы гликогена (раньше заканчивают летнюю линьку), однако и быстрее его используют, по сравнению с самками. У самок и молодых птиц индекс печени почти не изменяется, вероятно, причиной этому является синхронное возрастание массы печени и массы тела. Вариабельность массы печени у чирка-свистунка к зиме снижается. Относительный вес печени у взрослой морской чернети в октябре и ноябре выше у самок (4,12 % и 3,80 % против 3,32 % и 3,70 % соответственно). У молодых птиц индекс печени в первый период выше у самцов, однако интенсивно снижается и до конца осени становится ниже, чем у самок. Кроме того, у молодых птиц этого вида вариабельность относительного веса печени уменьшается до зимы, а у взрослых она проявляется по-разному. Так у самцов указанный показатель увеличивается: с 13,6 % до 17,5 %, а у самок незначительно снижается: с 14,3 % до 12,9 %. Подобное наблюдается и у красноголовой чернети и других видов уток. Следует отметить, что при неблагоприятных условиях происходит снижение индекса печени (результат снижения функциональных резервов организма). В целом относительный вес печени имеет обратно-пропорциональную связь с гиперфункцией надпочечников.

Также важным показателем является относительная масса почек (индекс почек) (физиологической функцией почек является обслуживание диссимиляционных процессов организма). Поэтому этот показатель можно считать одним из индикаторов интенсивности обменных процессов, который зависит как от состояния животного, так и от состояния окружающей среды. Интенсивность метаболизма сопровождается увеличением этого показателя, как правило, это происходит благодаря снижению массы тела. Относительный вес почек у модельных видов имеет половые различия: у самцов всех возрастных групп он ниже, чем у самок. Половое созревание у самок уток более растянуто и заканчивается позже, чем у самцов, с этим явлением связывают неустойчивые колебания индекса почек у самок. У чирка-свистунка, морской и красноголовой чернети уже до конца первого года жизни относительный вес печени достигает уровня взрослых птиц. Уменьшение индекса печени в течение осени является последствием увеличения массы тела в процессе интенсивного питания, т.к. даже при увеличении интенсивности обменных процессов у модельных гусеобразных происходит не гипертрофия почек, а интенсификация их работы без увеличения массы. Это сопровождается возрастанием вариабельности индекса почек у всех модельных видов, кроме чирка-свистунка.

Известным является факт, касающийся связи размеров сердца и активности животных разных видов. Можно даже говорить о видоспецифичности этого признака, определяющегося генетически детерминированной нормой реакции. Так, виды, способные к длительным мышечным нагрузкам, имеют, как правило, более высокий индекс сердца. Однако вариабельность этого показателя отмечается и внутри вида, которая в основном связана с изменением массы особей. При проведении опытов с утятами кряквы и домашней утки было установлено (наши данные), что индекс сердца генетически обусловлен, хотя на него оказывают определенное влияние и факторы окружающей среды. Так, у диких утят, которых выращивали фермерским методом, индекс сердца был ниже, чем утят, которых воспитывали утки в условиях, близких к естественным. Поэтому экологические факторы накладывают определенный отпечаток на динамику данного показателя. У данного показателя замечены половые различия. Так, у самцов он достоверно выше, чем у самок, для всех модельных видов уток.

Такой интерьерный показатель, как индекс мышечного желудка, можно использовать как вспомогательный вместе с индексами надпочечников и почек в качестве важнейших индикаторов адаптационных возможностей организма.

Таким образом, относительная масса (индексы) надпочечников, почек, сердца и других внутренних органов изменяются по-разному у самцов и самок. Индивидуальная изменчивость этих показателей в среднем выше у самцов, что объясняется разной эволюционной ценностью полов. Наиболее чувствительными индикаторами являются индексы надпочечников, печени и почек. Однако для точного прогнозирования состояния популяций нужен комплексный подход, в том числе включающий использование биохимических методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысенко В.И. О некоторых экологических механизмах в популяциях наземных позвоночных // Рациональное использование, охрана воспроизводство биологических ресурсов и экологическое воспитание: сб. тезисов. (г. Запорожье, 27–29 сент. 1988 г.) / Мин-во высшего и среднего специального образования УССР [и др.]. Запорожье, 1988. С. 56–59.

2. Малько С.В. Еколого-біохімічні особливості птахів ряду гусеподібні (Anseriformes) як основа їх адаптаційних можливостей: автореф. дис. … канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «екологія». К., 2012. 24 с.

3. Шварц С.С. Смирнов В.С, Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. Свердловск, 1968. Вып. 58. 380 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИНВЕРСИЙ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ г. ТУАПСЕ

Е.В. Мишков, В.В. Побоженко, А.В. Барзион, А.Р. Иошпа
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
mishkov.evgeny@inbox.ru; v.pobozhenko@yandex.ru, barziona@mail.ru, aioshpa@yandex.ru

В период возникновения неблагоприятных метеорологических условий, происходит резкое возрастание концентраций загрязняющих веществ, способствующих накоплению промышленных и автомобильных выбросов в нижних слоях атмосферы [Еремкин и др., 2001]. К таким неблагоприятным условиям относится инверсия, представляющая собой задерживающий слой теплого воздуха, который препятствует рассеиванию примесей по вертикали. В приземном слое инверсии приводят к обострению неблагоприятной экологической ситуации территории, над которой она располагается.

Изучение приземных температурных инверсий, расположенных непосредственно у поверхности земли, а также низких приподнятых инверсий, представляет особый интерес и является актуальной темой исследования в настоящее время, особенно в районах с развивающейся инфраструктурой. К таким районам относится г. Туапсе, где за последние 20 лет значительное развитие получили портовые сооружения: зерновой, нефтяной терминал и терминал по загрузке минеральных удобрений (рис. 1).

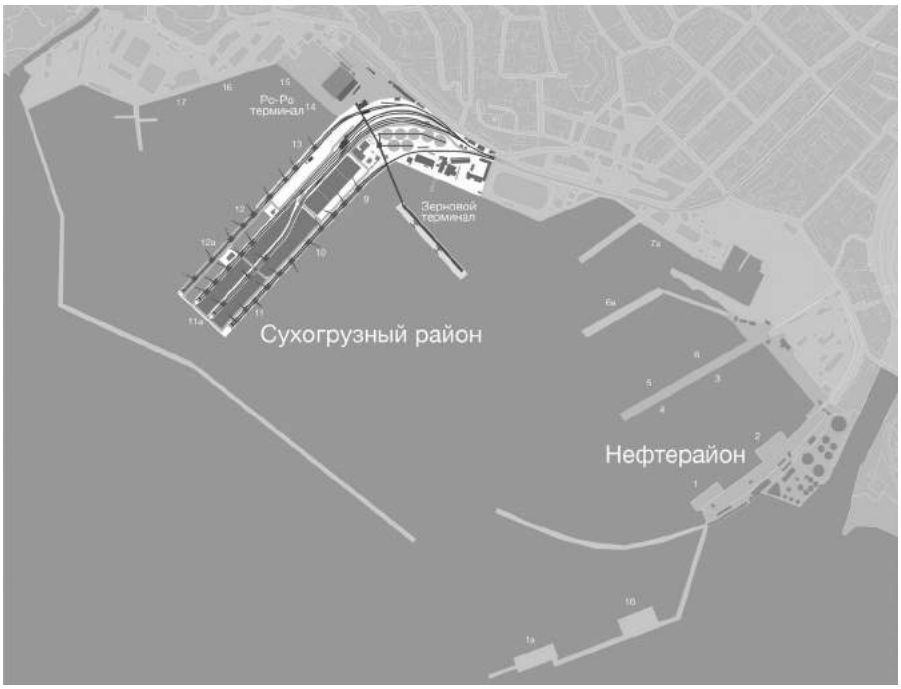


Рис. 1. Схема морского порта Туапсе [http://www.tmtp.ru/business/structure-karta]

Все эти объекты расположены в непосредственной близости от жилых построек и являются зонами экологического риска.

Для оценки влияния метеорологических параметров на возможные выбросы в атмосферу и море загрязняющих веществ от расположенных промышленных объектов в порту г. Туапсе, был проведен анализ образования инверсий в переходный месяц года – октябрь за период с 2013 по 2017 г., по данным радиозондирования атмосферы на аэрологической станции Туапсе.

Полученные данные были обработаны по слоям (от уровня земли до высоты 1500 м) и сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика инверсий в октябре месяце за период с 2013 по 2017 г.

Год	Количество инверсий	Средняя высота инверсий, м	dT max, °C	dT min, °C	dH max, м	dH min, м
2013	41	446	4,6	0	590	9
2014	41	490	10	0	615	10
2015	34	306	6,2	0	560	21
2016	31	408	8,4	0	649	30
2017	32	310	6,2	0	857	19

Для расчёта потенциала загрязнения характеристики инверсий используют как основной предиктор в прогнозе неблагоприятных условий для рассеивания вредных веществ. Из полученных данных (табл. 1) видно, что максимальная толщина инверсий колеблется от 600 до 900 м, а интенсивность инверсии (величина инверсии) – общее приращение температуры в слое ΔT от 5 до 10 °C. Такие показатели говорят о том, что в термодинамическом отношении инверсионные слои в районе Туапсе обладают большой устойчивостью и препятствием развитию турбулентности, что приведет к переносу тепла, водяного пара и загрязняющих веществ в воздухе в приземном слое.

В зависимости от характера развития и типа инверсий указанные параметры, характеризующие их, могут изменяться в самых широких пределах. Мощность инверсий изменяется от нескольких метров до 2–3 км, изменяется также и их величина, которая может достигать нескольких градусов (до 10 °C и даже более) [Мазуров и др., 2019].

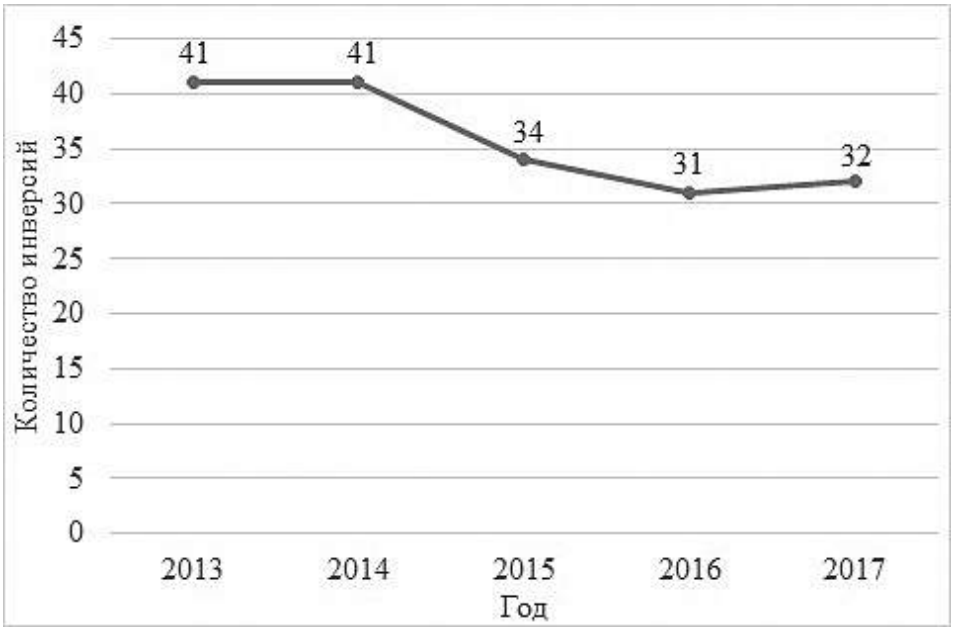


Рис. 2. Динамика повторяемости инверсий в октябре месяце за период 2013–2017 гг.

Анализ повторяемости приземных инверсий за рассматриваемый период (рис. 2) показывает уменьшение их количества за пятилетний период с 41 случая в 2013 г. до 31 в 2016 г. Хотя дальнейший анализ параметров инверсий (рис. 3) показывает, что происходит увеличение толщины слоя инверсии с 590 в 2013 г. до 857 м в 2017 г. Толщины инверсионного слоя свыше 500 м, образованные в ночное время, будут рассеиваться после

восхода солнца намного дольше, что создаст благоприятные условия для увеличения концентрации загрязняющих веществ.

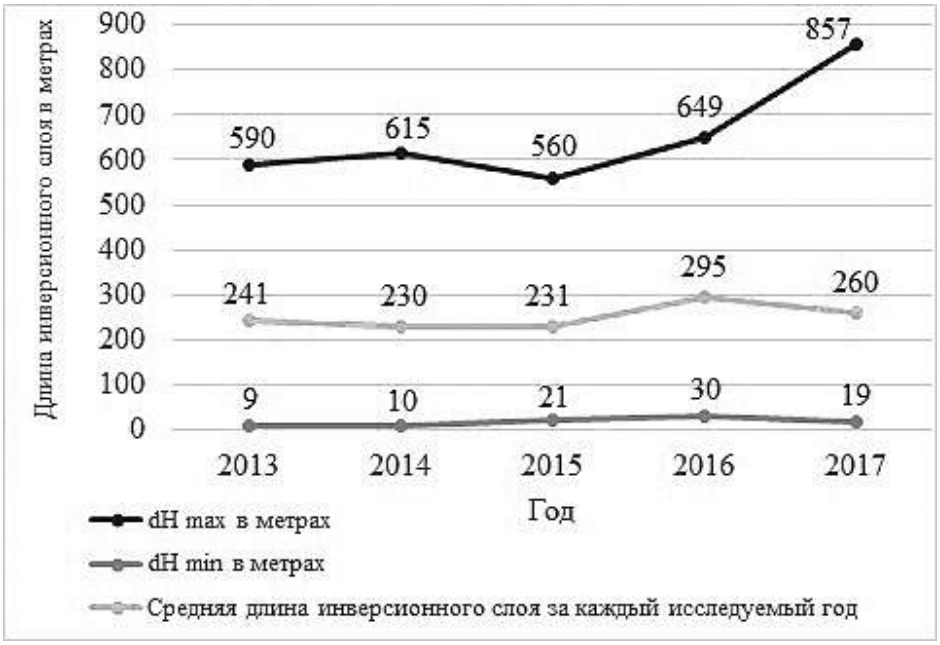


Рис. 3. Толщина инверсионного слоя в октябре за период 2013–2017 гг.

Итак, получены количественные оценки трансформации поля температуры в пограничном слое атмосферы под влиянием городской среды. Подтверждено, что наиболее сильный отклик температурного поля на городские воздействия наблюдается в приземном слое. Значимый антропогенный сигнал чаще всего распространяется до высоты примерно 300 м [Кузнецова и др., 2004].

Таким образом, оценка повторяемости инверсий за последние пять лет в г. Туапсе показала, что складываются неблагоприятные метеорологические условия в приземном слое для рассеивания примесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкеров Ю.И. Нормирование выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001, С. 30–50.

2. Кузнецова И.Н., Хайкин М.Н., Кадыгров Е.Н. Влияние городской среды на температуру в пограничном слое атмосферы по данным микроволновых измерений в Москве и окрестностях // Изв. РАН. Физ. атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 5. С. 678–688.

3. Мазуров Г.И., Акселевич В.И., Иошпа А.Р. Учение об атмосфере. Ростов н/Д: ЮФУ, 2019. 132 с.

4. АО «Туапскинский морской торговый порт». URL: http://www.tmtp.ru/business/structure-karta (дата обращения: 27.05.2019).

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ ЭПИФИТНЫЕ БАКТЕРИИ ВОДОРОСЛЕЙ *SACCHARINA LATISSIMA* БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Д.В. Пуговкин[1], В.В. Ильинский[2]

[1] Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск; pugovkin2005@yandex.ru

[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; vladilinskiy@gmail.com

Численность и распределение различных групп эпифитных бактерий на талломах макрофитов зависит от ряда факторов: от таксономической принадлежности водорослей, от участка таллома, от сезона года. При этом

на всех водорослях, независимо от таксономической принадлежности, обычно наблюдается довольно высокая численность бактерий [Bolinches, Manuel, 1988].

Нами было исследовано количественное распределение, а также основные группы культивируемых углеводородокисляющих бактерий, обитающих на поверхности талломов *Saccharina latissima* (бывшая *Laminaria saccharina*), относящейся к бурым водорослям (*Phaeophyta*).

Несмотря на неплохую изученность состава эпифитных микроорганизмов *S. latissima*, литературных данных по распределению численности бактерий на различных частях ее таллома чрезвычайно мало. Есть сведения о том, что общее количество бактерий на различных частях ее таллома различается. Так, для центральной части пластины общая численность бактерий составила 2,88×108 кл/см^2, а для меристематической области этот показатель был несколько ниже – 2,09×108 кл/см^2 [Oberbeckmann et al., 2007]. Однако не удалось обнаружить данных, касающихся верхушечной части.

Для другой бурой водоросли – *Fucus vesiculosus* было установлено, что численность сапротрофных эпифитных бактерий обычно больше на нижних участках таллома, чем на верхней его части [Sieburth, 1968]. Известно, что фукус имеет апикальный характер роста [Камнев, 1989], а макрофиты в период роста либо выделяют на этих участках бактериостатические или бактерицидные вещества, либо не могут обеспечить благоприятные условия для прикрепления эпифитных организмов [Sieburth, 1968; Mikulski, 1982].

Цель наших исследований – изучение количественного распределения культивируемых сапротрофных эпифитных бактерий на различных частях таллома *S. latissima*, а также выделение наиболее массовых их представителей.

Отбор материала для микробиологического анализа проводили из разных участков таллома. Пробы отбирались в августе-сентябре. Высечки из таллома делали с помощью стерильной заточенной трубки внутренним диаметром 2 см. Для анализа использовали меристематическую (1), центральную (2) и верхнюю (3) части пластины таллома ламинарии (рис. 1).

Учет численности культивируемых сапротрофных бактерий проводили методом предельных разведений на модифицированной жидкой среде Зобелла 2216 Е [Практическая гидробиология, 2006] в смывах из высечек. Для выделения в культуру углеводородородокисляющих бактерий использовали минеральную среду ММС с дизельным топливом в качестве единственного источника углерода и энергии [Коронелли, Ильинский, 1984].

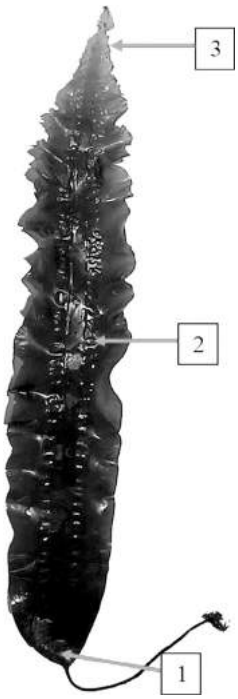


Рис. 1. Таллом *Saccharina latissima*

Наиболее вероятная численность бактерий на различных частях таллома ламинарии. Ранее нами было показано количественное распределение культивируемых гетеротрофных бактерий по таллому водорослей *F. vesiculosus* [Пуговкин, 2017]. Отмечено, что количество эпифитных сапротрофных бактерий на его поверхности увеличивается от молодой (апикальной части таллома) к старой (нижней его части). Аналогичное распределение было показано и для углеводородокисляющих бактерий.

Для ламинарии было установлено, что максимальная численность сапротрофных бактерий на ее талломах наблюдалась в районе центральной части пластины (в среднем около 52,5 тыс. кл/см^2). В меристематической и верхушечной частях таллома ламинарии численность бактерий значительно меньше, чем в центральной его части, она составила 0,5 тыс. кл/см^2 и 5,3 тыс. кл/см^2 соответственно. Полученные нами значения в целом согласуются с литературными данными [Москвина, 1991; Oberbeckmann et al., 2007].

Необходимо отметить, что в августе-сентябре у ламинарии, у особей старше одного года, активно идет спорообразование, и спороносная ткань достигает максимального развития [Макаров, Шошина, 1996; 1998]. При этом спороносное пятно образуется преимущественно на центральной части пластины. Вероятно, что более высокая численность бактерий на центральной части таллома в этот период была связана именно с этим фактором.

Состав эпифитных культивируемых бактерий *S. latissima*. Ранее на основании анализа 16S рРНК нами было показано, что основными культивируемыми эпифитными углеводородокисляющими бактериями фукусовых водорослей в губе Зеленецкой во время локального розлива нефтепродуктов были *Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas guinea, Ochrobactrum anthropi, Rhodococcus fascians* [Ильинский и др., 2010].

Pseudomonas fluorescens и *Rhodococcus fascians* были отмечены нами также и на ламинарии, причем взятой как из чистой, так и из нефтезагрязненной акваторий. Это позволяет предположить, что эпифитные бактерии вида *Pseudomonas fluorescens* являются космополитами, распространенными как на фукусовых, так и на и ламинариевых бурых водорослях, произрастающих в чистых и в загрязненных акваториях.

Rhodococcus fascians был выделен с талломов фукусовых и ламинариевых водорослей, обитающих только в нефтезагрязненной акватории. Можно полагать, что данный вид эпифитных бактерий приурочен к бурым водорослям из нефтезагрязненных акваторий.

С талломов *S. latissima* также были выделены бактерии рода Bacillus (*Bacillus firmus*).

Отмеченные нами на фукусовых водорослях бактерии вида *Pseudomonas guinea* на поверхности ламинарии обнаружены не были, однако они встречались в омывающей ее морской воде. Безусловно, из воды они могли быть занесены и на поверхность фукусовых водорослей.

Ранее, анализ 16S рРНК в пробах талломов *S. latissima* (*L. saccharina*) из Северного моря [Oberbeckmann et al., 2007] показал наличие на их поверхностях бактерий родов *Alteromonas, Halomonas, Pseudoalteromonas u Acinetobacter*. Были отмечены в том числе и бактерии рода *Pseudomonas*, выделенные с талломов бурых водорослей также и в нашей работе.

В целом нами с поверхности ламинарии *S. latissima* были выделены углеводородокисляющие бактерии четырех видов, относящиеся к трем разным родам. Известно, что основная часть морских бактерий, в том числе и углеводородокисляющих, принадлежит к некультивируемым формам. В литературе имеются сведения о составе таких бактерий. Так, генетический анализ бактериального сообщества *S. latissima* из Балтийского моря показал, что в составе ее эпифитного бактериального сообщества было отмечено 34 филотипа бактерий и 20 других филотипов бактерий из числа обитающих в окружающей ее морской воде [Staufenberger et al., 2008]. Проведенные нами методом Total DNA исследования эпифитного бактериального сообщества водорослей *Fucus vesiculosus*, обитающих в акваториях, различных по степени загрязнения нефтепродуктами, позволили нам идентифицировать 82 рода бактерий [Pugovkin et al., 2016]. Есть большая вероятность того, что многие из них тоже являются углеводородокисляющими. Для установления этого требуются дальнейшие молекулярно-генетические исследования сообществ некультивируемых эпифитных бактерий бурых водорослей из чистых и нефтезагрязненных местообитаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-80058 по программе «Опасные явления».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ильинский В.В., Воскобойников Г.М., Пуговкин Д.В., Комарова Т.И., Адейкина А.А. Влияние нефтяного загрязнения среды на состав и численность гетеротрофных эпифитных бактерий бурой водоросли *Fucus vesiculosus* // Вестн. Южного научного центра. 2010. Т. 6. № 2. С. 98–100.

Камнев А.Н. Структура и функции бурых водорослей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 200 с.

Коронелли Т.В., Ильинский В.В. Об учете численности углеводородокисляющих бактерий в морской воде методом предельных разведений // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. 1984. № 3. С. 54–56.

Макаров В.Н., Шошина Е.В. Динамика сезонного роста *Laminaria saccharina* в Баренцевом море // Биология моря. 1996. № 4. С. 238–248.

Макаров В.Н., Шошина Е.В. Спороношение // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. С. 40–52.

Москвина М.И. Азотфиксация в Баренцевом море: автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: Ин-т микробиол. АН СССР, 1991. 24 с.

Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы. Под ред. В.Д. Федорова и В.И. Капкова. 2006. 367с.

Пуговкин Д.В. Эпифитные бактериоценозы *Fucus vesiculosus* L. Баренцева моря и их роль в деградации нефтяных загрязнений: автореф. дис.... канд. биол. наук / ММБИ КНЦ РАН. Мурманск, 2017. 22 с.

Bolinches J., Manuel L. Lemos // Population Dynamics of Heterotrophic Bacterial Communities Associated with *Fucus vesculosus* and *Ulva rigida* in an Estuary// Microbial Ecology. 1988. № 15. P. 345–357.

Mikulski J.S. Biologia wod srodladowych // PWN. Warszawa, 1982. 491 p.

Oberbeckmann S., Gerdts G., Wichels A., Laatsch H., Schumann G. (2007). Diversity of epiphytic marine bacteria associated with fronds of the brown algae *Laminaria* // Annual Conference of the Association for General and Applied Microbiol. (1–4 Apr., Osnabrück, Germany).

Pugovkin D.V., Liaimer A., Jensen J.B. Epiphytic bacterial communities of the alga *Fucus vesiculosus* in oil-contaminated water areas of the Barents Sea // Dokl. Biol. Sciences. Pleiades Publish. 2016. Vol. 471. Iss. 1. P. 269–271.

Sieburth J.Mc. Antibacterial substances produced by marine algae // Devers. Ind. Microbiol. № 5. 1964. P. 124–136.

Staufenberger T., Thiel V., Wiese J., Imhoff J.F. Phylogenetic analysis of bacteria associated with *Laminaria saccharina*. FEMS Microbiol. Ecol. 2008. Vol. 64. P. 65–77.

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА НА ВОДОСБОРАХ р. ДОН

А.Н. Салугин
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН
г. Волгоград; saluginan@mail.ru

Использование имитационного моделирования (ИМ) в управлении водными ресурсами имеет ряд преимуществ, по сравнению с другими методами [Карпов, 2005; Коровин, 2012]: наблюдение результатов и последствий принятых решений в долгосрочной перспективе; более качественная проработка плана реализации водно-ресурсной деятельности; снижение затрат на экологическую экспертизу.

Целью данного исследования является изучение существующих методов имитационного моделирования и возможности их применения для рационального управления водными ресурсами Волго-Донского бассейна. Конечной целью являлось применение методов ИМ при проведении водно-экологических исследований на основе динамики водного баланса (ВБ) региона с учетом экономических и социальных факторов.

При учете экологических последствий принимаемых решений обращаются к экологическому управлению – области знаний, находящейся на стыке экологии, экономики и менеджмента [Добровольский, 1997], рассматриваются вопросы организации управления водными ресурсами с использованием имитационного моделирования и оценивается размер прибыли при этом.

В данной работе делается попытка создать имитационную модель водной экосистемы региона, позволяющую учитывать несколько разнородных факторов и проводить оценку принимаемых решений. Разработанная модель не претендует на полноту, так как разработка модели всего Волго-Донского региона сложна и требует значительных трудозатрат. В этом докладе демонстрируется возможность применения моделирования в управлении водными ресурсами. Разрабатываемая модель предназначена для быстрой оценки экологических последствий принятия решений в управлении водными ресурсами. В перспективе рассматривается возможность применения ИМ для решения задач динамики и прогнозирования водных ресурсов Волго-Донского бассейна.

Имитационное моделирование – метод конструирования модели реальной системы с постановкой экспериментов для изучения поведения системы и прогнозирования при различных условиях внешней среды. При этом изучается ее реакция на различные стратегии управления [Шеннон, 1978]. Подобное моделирование позволяет имитировать поведение системы и с использованием модельного времени, течением которого можно управлять, замедляя, ускоряя или останавливая. Модельное время является аналогом реального, оно генерирует свое время, а исследователь задает длительность этого такта: год, месяц, сутки час или секунда.

Системная динамика (СД) [Омаров, 2012] применяется для исследования причинно-следственных связей, обратных связей, реакции системы на внешние воздействия. Накопители (СД) могут относиться к различным материальным объектам; поток (связь) – связующая накопителей показывает скорость изменения значений в накопителях при их взаимодействии; через потоки накопители «перетекают» друг в друга.

Коротко остановимся на разработке модели водного баланса эталонного региона, которая бы учитывала его климатические и географические условия, демографию, социальные, политические и экономические факторы. Разработка проекта имела своей целью, показать возможность достаточно быстрого создания имитационной модели, способной учесть множество различных детерминированных и статистических факторов.

ИМ водного баланса региона разрабатывалась с применением двух концепций: системной динамики и агентного моделирования. При этом рассматривается гипотетический, т.е. идеализированный (тестовый) регион. При автономности и модульности проектирования эта модель может быть адаптирована к более общей проблеме, вплоть до территории всей России.

Основной аспект развития любого региона, подлежащий изучению в имитационной модели – его водный баланс (ВБ), который исследуется с различными внутренними и внешними факторами. Водный баланс – показатель, отражающий соотношение между поступающей и потребляемой водой на территории региона за рассматриваемый период. Уравнение водного баланса в общем виде записывается формулой: $\sum S_i = \sum U_j$, где S_i – это объём воды, получаемый регионом из *i*-того источника, а U_j – это объём, затрачиваемый *j*-ым потребителем. Все источники и потребители подразделяются на две большие категории: естественные и антропогенные. К естественным относятся атмосфера, растительный покров, водоёмы, т.е. все биосферные элементы экосистемы. Антропогенными потребителями являются промышленные предприятия, агропромышленный комплекс (АПК),

ЖКХ. В общих чертах система водного баланса региона может быть представлена схемой на рисунке 1, где вершинами графа обозначены его элементы, а дугами – пути перемещения водных масс.

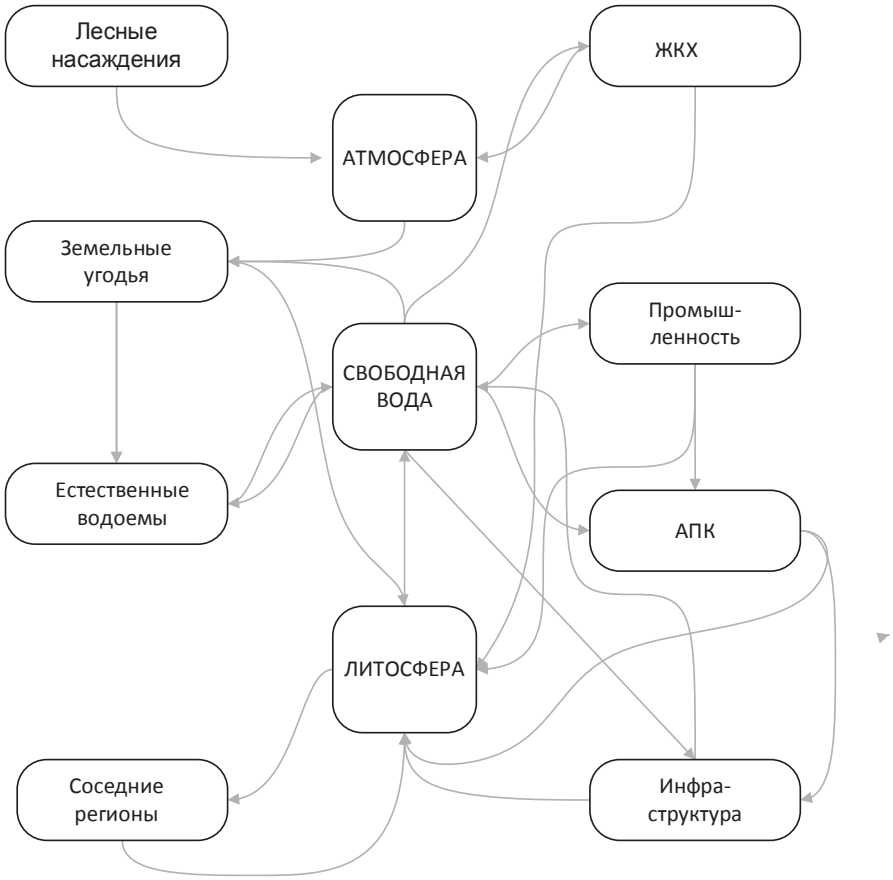


Рис. 1. Модель водного баланса региона в первом приближении

Свободная вода в схеме – это объём воды, не используемый в текущий момент. Он фиктивен и введен специально как индикатор баланса. Все остальные элементы по отношению к свободной воде являются потребителями и возвращают воду в оборот переходами в атмосферу и литосферу (возврат воды в свободное состояние является опосредованным).

Водный обмен с соседними регионами осуществляется через грунтовые воды (переход из других регионов в литосферу и обратно) и путём естественного стока. Для каждого антропогенного объекта ВБ производится уточнение. Вводятся объекты промышленности и агропромышленного комплекса (АПК). Водный баланс промышленности или АПК зависит от показателей: количество единиц производимого товара; объём воды, используемый при производстве единицы товары; объём воды, сбрасываемый в водоёмы в результате производства одной единицы товара; объём воды, попадающей в грунт в процессе производства одной единицы продукции. Показатели для указанных объёмов воды учитывают не только воду, используемую при непосредственном производстве единицы товара, но и воду, используемую другими элементами предприятия на единицу производимого товара.

Как и для всех элементов модели, для человека также вводятся величины объёма воды, забираемой из запаса свободной воды для частных нужд одного человека, а весь объём свободной воды, забираемой всем населением, определяется как произведение численности населения и среднего объёма воды, забираемого одним человеком. Аналогичная ситуация и для формирования запасов воды в атмосфере, водоёмах и грунте. Численность населения зависит от таких социально-демографических показателей, как рождаемость, смертность и интенсивность миграционных потоков. Следующим этапом моделирования водного баланса региона является реализация модели в среде имитационного моделирования AnyLogic [Карпов, 2005].

Разработанная системно-динамическая (СД) модель ВБ имеет целью показать зависимость динамики ВБ региона от различных факторов и показывает возможность исследования зависимости водного баланса от интенсивности промышленности и АПК [Салугин, 2015; 2017]. При этом одной из форм экспериментов может быть варьирование параметров экономического развития. Для примера были произведены изменения объемов промышленного производства и численности населения.

Как видно из рисунка 2, промышленное производство испытывает недостаток в воде в течение первых 15 итераций модельного времени. Затем баланс выравнивается и затраты воды выходят на «плато». Это связано с тем, что на первых итерациях водные ресурсы перераспределяются между источниками и потребителями.

В заключение отметим, что системно-динамическая имитационная модель водного баланса условного региона в бассейне р. Дон позволяет связать его динамику с экономическим и социально-демографическим развитием и делать прогнозы на будущее. Применения ИМ для управления водными ресурсами позволит осуществлять первичный анализ результатов принятия решений по использованию водных ресурсов. Это в значительной степени улучшит работу региональных руководителей в области рационального природопользования.

На основе концепции системной динамики с помощью пакета AnyLogic можно создавать имитационные модели движения воды с использованием балансовых соотношений и гидрофизические характеристики почв, транспирации, испарения и дождевых осадков [Харченко, 1975]. Учитывая модульность и объектно-ориентированную направленность СД, возможно развитие ИМ для более общих задач агроэкологии. Сюда следует отнести проблемы опустынивания, эрозионные процессы на склонах и оврагообразование.

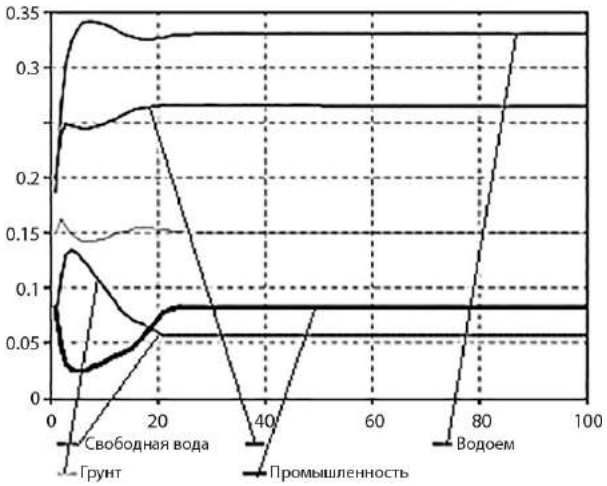


Рис. 2. ВБ с учётом оптимизации потребления воды промышленностью: ограничение объёмов промышленного производства объёмом свободной воды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Добровольский Г.В. Тихий кризис планеты // Вестн. РАН. № 67. Т. 4. 1997. С. 313–320.

Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.0. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.

Коровин А.М. Анализ подходов и программного обеспечения для имитационного моделирования социальных и экономических систем // Вестн. ЮрГУ. № 3.5. 2012. С. 98–100.

Омаров Ш.А.О. Системно-динамическая модель устойчивого развития региона // БІЗНЕСІНФОРМ. № 12. 2012. С. 353–360.

Салугин А.Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии: дис. …канд. сельхоз. наук. Волгоград, 2006.

Салугин А.Н., Кулик А.К., Власенко М.В. Влагопроницаемость ненасыщенных почвогрунтов аридной зоны // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 21–24.

Салугин А.Н. Структурная модель Водного баланса территории // Агролесомелиорация в 21 веке: состояние, проблемы, перспективы. Фундаментальные и прикладные исследования. Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, посв. проф. Г.П. Сурмачу, в честь 100-летия со дня рождения. 2015. С. 243–247.

Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометиздат, 1975. 373 с.

Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: МИР, 1978.

СТРОИТЕЛЬСТВО КРЫМСКОГО МОСТА КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КОСЫ-ОСТРОВА ТУЗЛА

Т.А. Соколова
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

В связи с расширением границ РФ (21.03.2014) и строительством Крымского моста интерес экологов к природоохранной ситуации на косе-острове возрос. Были привлечены разные группы специалистов для

современных исследований. Стоит упомянуть, что еще в 1990-х гг. коса и о-в Тузла обосновывались как территории проектируемого Керченско-Таманского заповедника «Киммерида» [Новосад и др., 1998]. В предложенной системе о-в Тузла и акватория вокруг него занимают важное место в сохранении биоразнообразия, как водно-болотные угодья и место концентрации ценных орнито- и флорокомплексов. Также здесь планировалось создание комплексного памятника природы республиканского значения [Природа Восточного Крыма, 2013].

Нами были обобщены и собраны материалы флористических исследований в период с 2008 по 2018 г. Исследования последних лет носили больше природоохранный характер: производился учет видов растений, занесенных в Красные книги, оценивались их жизненность и распространение, учитывалась сохранность растительных сообществ, после строительства транспортного перехода, подсчитывался общий ущерб, нанесенный экосистеме острова. В данной статье мы хотим показать эколого-флористическое разнообразие системы коса – остров Тузла, отразить современное состояние растительности, к сожалению в настоящее время сильно трансформированной, но сохранившей часть уникальных растительных комплексов.

В ходе геоботанического обследования косы-острова Тузла описаны сообщества 22 ассоциаций, 8 субассоциаций, 2 базальных сообществ и 7 вариантов из 13 классов и 14 союзов (на основании 150 геоботанических описаний, на основе эколого-флористической классификации направления Браун-Бланке [Braun-Blanquet, 1964; Westhoff, Maarel, 1978).

Продромус растительности косы-острова Тузла

Класс ***Potamogetonetea*** Klika in Klika et Novák 1941
Порядок ***Potamogetonetalia*** Koch 1926
Союз ***Potamogetonion*** Libbert 1931
Acc. ***Potametum pectinati*** Carstensen ex Hilbig 1971
Вар. *Typical*
Вар. *Lemna minor*
Класс ***Zosteretea*** Pignatti 1953
Порядок ***Zosteretalia*** Bèguinot ex Pignatti 1953
Союз ***Zosterion marinae*** Br.-Bl. et Tx. ex Pignatti 1953
Acc. ***Zosteretum marinae*** Harmsen 1936 em. Milczakova et Korzh. 1990
Класс ***Phragmito-Magnocaricetea*** Klika in Klika et Novák 1941
Базальное сообщество ***Phragmites australis*–[*Phragmito-Magnocaricetea*]**
Класс ***Festuco-Puccinellietea*** Soó ex Vicherek 1973
Порядок ***Artemisio santonicae-Limonietalia gmelinii*** Golub et V. Solomakha 1988
Союз ***Plantagini salsae-Artemision santonici*** Lysenko et Mucina in Lysenko et al. 2011
Acc. ***Limonio meyeri-Elytrigietum elongati*** Tyshchenko 1996
Союз ***Puccinellion giganteae*** Dubyna et Neuhäuslova 2000
Acc. ***Tripolietum vulgaris*** Korzh. et Klyukin 1990*
Acc. ***Tripolio pannonici-Caricetum extensae*** Dubyna et Neuhäuslová 2000
Класс ***Glycyrrhizetea glabrae*** Golub et Mirkin in Golub 1995
Порядок ***Glycyrrhizetalia alabrae*** Golub et Mirkin in Golub 1995
Союз ***Glycyrrhizion glabrae*** Golub et Mirkin in Golub 1995
Базальное сообщество *Glycyrrhiza glabra*–[***Glycyrrhizetalia glabrae***]
Класс ***Therosalicornietea*** Tx. in Tx. et Oberd. 1958
Порядок ***Camphorosmo-Salicornietalia*** Borhidi 1996
Союз ***Salicornion prostratae*** Géhu 1992
Acc. ***Salicornio perennantis-Suaedetum salsae*** Freitag et al. 2001
Субасс. ***S.p.–S.s. asteretosum*** Freitag at. al. 2001
Вар. ***typica, Puccinellia distans***
Acc. ***Puccinellio distantis-Salicornietum prostratae*** Karpov et al. in Golub et al. ex Yuritsyna et Karpov 2006
Acc. ***Bassietum hirsutae*** Şerbănescu 1965
Acc. ***Suaedetum maritimae*** Soó 1927
Acc. ***Limonio caspii-Salicornietum perennansis*** Korzh. et Klyukin 1990 in Dubyna et al. 2007*
Класс ***Nerio-Tamaricetea*** Br.-Bl. et O. de Bolós 1958
Порядок ***Tamaricetalia*** Borsa 1965
Союз ***Artemisio scopariae-Tamaricion*** Simon et Dihoru 1963
Acc. ***Lactuco tataricae-Elaeagnetum angustifoliae*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk ass. nov. hoc. loco

Субасс. ***Lactuco tataricae-Elaeagnetum angustifoliae juncetosum maritimi*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Субасс. ***Lactuco tataricae-Elaeagnetum angustifoliae artemisetosum arenariae*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Класс ***Juncetea maritimi*** Br.-Bl. in Br.-Bl. et al 1952
Порядок ***Juncetalia maritimi*** Br.-Bl. ex Horvatić 1934
Союз ***Limonium meyeri-Juncio maritimi*** V. Golub. Et V.Sl. 1988
Acc. ***Phragmito-Juncetum maritimi*** Korzh. et Klyukin 1990
Субасс. ***Phragmito-Juncetum maritimi puccinelietosum distantis*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Вар. ***typica*** var. nov.
Вар. ***Tripolium pannonicum*** var. nov.
Класс ***Cakiletea maritimae*** Tx. et Preising in Tx. ex Br.-Bl. et Tx. 1952
Порядок ***Thero-Atriplicetalia*** Pignatti 1953
Союз ***Cakilion euxinae*** Géhu et al. 1994
Acc. ***Cakilo euxinae-Crambetum maritimae*** Golub et al. 2006
Субасс. ***Cakilo euxinae-Crambetum maritimae typicum*** Golub 2001
Вар. ***Euphorbia paralias***
Субасс. ***Cakilo euxinae-Crambetum maritimae artemisietosum arenariae*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Вар. ***typica*** var. nov.
Вар. ***Salsola tragus*** var. nov.
Союз ***Euphorbion peplidis*** Tx. ex. Oberd. 1952
Acc. ***Cakilo euxinae-Salsoletum kali*** (Géhu et al. 1994), (Vicherek 1971 em. Korzh. et Klyukin 2001) Golub et al. 2006
Acc. ***Cakilo euxinae-Lactucetum tataricae*** (Korzhenevsky et Klyukin in Korzhenevsky 2001) Golub et al. 2006
Субасс. ***Cakilo euxinae-Lactucetum tataricae typicum*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Субасс. ***Cakilo euxinae-Lactucetum tataricae gypsophiletosum perfoliatae*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk subass. nov. hoc. loco
Acc. ***Eryngio maritimi-Cakiletum euxinae*** (Vicherek 1971) Golub et al. 2006
Acc. ***Gypsophiletum perfoliatae*** T. Sokolova, O. Ermolaeva, V. Kolomiychuk ass. nov. hoc. loco
Класс ***Ammophiletea*** Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946
Порядок ***Ammophiletalia*** Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et all. 1946
Союз ***Elymion gigantei*** Morariu 1957
Acc. ***Elymo-Astrodaucetum littoralis*** Korzh.,Volkova et Klyukin 1984 em. Korzh. et Klyukin 2001
Acc. ***Artemisietum arenariae*** Popescu et Sanda 1975
Класс ***Helichryso-Crucianelletea maritimae*** Géhu et al. in Sissingh 1974
Порядок ***Medicago-Seselietalia tenderiensis*** Umanets et V. Solomakha 1999
Союз ***Cynodonto-Teucrion polii*** Korzhenevskii etKliukin 1990
Acc. ***Leymo-Verbascetum pinnatifidi*** Korzh. et Klukin, 1990 em Korzh. et Kvitnytskay, 2014
Класс ***Koelerio-Corynephoretea canescentis*** Klika in Klika et Novák 1941
Порядок ***Festucetalia vaginatae*** Soó 1957
Союз ***Festucion beckeri*** Vicherek 1972*
Acc. ***Centaureo odessanae-Caricetum colchicae*** Tyschenko 1999
Класс ***Artemisietea vulgaris*** Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951
Порядок ***Onopordetalia acanthi*** Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944
Союз ***Dauco-Melilotion albi*** Görs ex Rostański et Gutte 1971
Acc. ***Melilotetum albi-officinalis*** Siss. 1950

Растительность острова неоднородна, сообщества занимают удлиненные участки (полосы), которые быстро сменяются в зависимости от степени увлажнения, солености и особенностями рельефа. В связи с географическим положением косы-острова (между двумя морями) большое влияние на растительность оказывают течения у его берегов. Юго-восточное побережье испытывает влияние литодинамических процессов переноса взвешенного материала, типичного для акватории Керченского пролива [Пасынков, 2005]. Происходит четкое

разделение акватории пролива на две области, разделенные аккумулятивными накоплениями косы-острова Тузла. Северная мелководная область находится в зоне влияния вод Азовского моря, а южная – более глубоководная – вод Чёрного моря. В южной части Таманского залива потоки взвесей имеют противоположное направление (с юга на север), они огибают аккумулятивное тело острова.

Такие течения, а также мелководность восточного побережья способствовали образованию лиманов, распространению повышенной солености почв и широкому развитию на нем прибрежно-водной и галофитной растительности. На острове прибрежно-водная растительность занимает около 20 % площади острова, 1 % – косы. Сообщества с доминированием *Phragmites australis* окаймляют внутренние водоемы, занимают супралиторальные участки, часто обводненные. Во внутренних водоемах острова, а также на мелководьях вблизи тростниковых плавней распространены сообщества ассоциации ***Potametum pectinati***. Большую часть северо-восточного и восточного побережья (это около 40 % от всей площади острова) занимает растительность засоленных почв. Вторую полосу от тростниковых сообществ занимает растительность класса ***Juncetea maritimi***. Доминирующими видами на этой территории выступают: *Bassia hirsuta, Elaeagnus angustifolia, Elytrigia elongate, Juncus maritimus, Puccinellia distans, Suaeda maritima, S. salsa, Salicornia perennans, S. prostrata, Tripolium pannonicum.*

Сообщества растягиваются полосами вдоль водоемов и относительно друг друга, быстро сменяясь согласно рельефу и условиям увлажнения. Западное и юго-западное побережье имеет бóльшие высоты над у.м. и бóльшие глубины, оно занято степной и псаммофитной растительностью. Она также расположена полосами по побережью и далее к середине острова. На литоральной части доминируют *Crambe maritima var. pontica, Cakile euxina, Eryngium maritimum* и *Lactuca tatarica.* Сообщества с их участием занимают около 20 % от всей площади острова. В понижениях берегового вала к ним добаляется *Salsola tragus.* С набором высоты и удалением от берега виды сменяются на *Leymus sabulosus, Artemisia arenaria, Gypsophila perfoliata*, на их долю приходится около 5 % площади острова. Благодаря уникальному расположению острова, различным природным условиям побережий появились иные варианты взаимодействия растительных сообществ. Отмечены новые ассоциации и субассоциации. Но это было до строительства транспортного перехода в составе трассы А-290.

В настоящее время растительный покров береговой части острова очень динамичен. Ранее динамика отмечена на заливаемых территориях. Так, литоральная часть юго-восточного побережья в отдельные годы (2008, 2011 гг.) имела песчано-ракушечный состав и была занята сообществами асс. ***Cakilo euxinae-Crambetum maritimae***, в другие годы (2015, 2017 гг.) эта часть была обводнена и занята прибрежно-водной растительностью, а мелководья были заняты сообществами асс. ***Tripolietum vulgaris*** (*Tripolium vulgare*), ***Bassietum hirsutae*** (*Bassia hirsuta*), ***Suaedetum maritimae*** (*Suaeda maritima*). Поэтому площадь территории, занимаемая растительными сообществами в течение года, меняется. Но, в связи со строительными работами большая часть сообществ уничтожена. Большие площади острова заняты под строения. Вероятность того, что сообщества не испытывают влияния сорных видов, низка. Растительность косы-острова Тузла претерпела серьезные изменения. Общая тенденция – это осушение территории косы-острова Тузла и постепенное исчезновение прибрежно-водных и галофитных сообществ. Растительность на косе Тузла практически отсутствует.

Таблица 1. Показатели площади различных объектов косы-острова Тузла

Объект	**S, км**^{2} «до»	**S, км**^{2} «после»
Остров Тузла	2,577	2,741
Коса Тузла (без острова)	1,268	1,732
Строения острова	0,106	0,952
Строения косы	0,061	0,627
Озера острова	0,628	0,422
Озера косы	0,529	0,368
Растительность острова	1,472	0,485
Растительность косы	0,530	0,749

В результате исследований было выявлено:

- высокое биоразнообразие косы-острова Тузла: описаны сообщества 22 ассоциаций, 8 субассоциаций, 2 базальных сообществ и 7 вариантов из 13 классов и 14 союзов;
- обнаружены 14 видов растений, занесенные в Красные книги разных регионов: [Краснодарского края, 2007; Респ. Крым, 2015; РФ, 2008]: *Cakile euxina*, *Crambe maritime*, *Glaucium flavum*, *Euphorbia paralias*, *E. peplis*, *Eryngium maritimum*, *Astrodaucus littoralis*, *Asparagus maritimus*, *Centaurea arenaria*, *Argusia sibirica*, *Astragalus varius*, *Verbascum pinnatifidum*, *Leymus racemosus* ssp. *sabulosus*, *Secale sylvestre*) [Ермолаева и др., 2018];
- выявлены закономерности в распределении растительных сообществ на косе-острове Тузла;

– выявлены причины естественной и антропогенной динамики растительности;
– отмечено увеличение площади косы и острова на 16,2 % в связи с насыпными участками как на острове, так и на косе;
– озера сократили площадь на более чем 30 %;
– растительность сократилась почти на 49 %, при условии, что на косе она сохранилась только в основании, а на острове растительность подверглась сильному антропогенному воздействию;
– естественная растительность всё еще сохраняется на острове, наличие в сообществах редких видов, учитывая уникальную структуру острова и многообразие местообитаний, говорят о необходимости создании на острове особо охраняемой природной территории. Наиболее перспективной в плане охраны из сохранившейся растительности станет южная часть острова с восточным и западным побережьем. Эта часть от середины острова включает в себя почти все описанные асс. (кроме асс. ***Artemisietum arenariae, Elymo-Astrodaucetum littoralis, Gypsophiletum perfoliatae***). Здесь наблюдается самое большое разнообразие условий рельефа, увлажения, засоления, а также минимальная антропогенная нагрузка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ермолаева О.Ю., Коломийчук В.П., Соколова Т.А. Редкие виды косы (острова) Тузла (Краснодарский край, Крым) // Вестн. Удмурского ун-та. Т. 28. Вып. 4. 2018. С. 351–358.

Красная книга Краснодарского края. (Растения и грибы) / изд. 2-е. Краснодар, 2007. 640 с

Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред. А.В. Ена, А. В. Фатерыга. Симферополь, 2015. 480 с.

Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / сост. Р.В. Камелин; отв. ред. Л.В. Бардуков, В.С. Новиков. М., 2008. 854 с.

Пасынков А.А. К Вопросу о литодинамических процессах в Керченском проливе и районе острова (косы) Тузла // Геология и полезные ископаемые мирового океана. № 2. 2005. С. 120–126.

Природа Восточного Крыма. Оценка биоразнообразия и разработка проекта локальной экологической сети / [отв. ред. С.П. Иванов]. К., 2013. 272 с.

Новосад В.В., Андрієнко Т.Л., Клєстов М.Л., Прядко О.І. та ін. Керченсько-Таманський заповідник «Кімерида» / Міждержавні природно-заповідні території України / Під заг. ред. Т. Л. Андрієнко. Київ, 1998. С. 97–110.

Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde // 3 Aufl.; Wien; New York: Springer-Verlag, 1964. 865 s.

Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach, Classification of plant communities / ed. R.H. Whittaker. The Hague. 1978. P. 278–399. URL: https://doi.org/10.1007/978–94-009–9183-5_9

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛАНДШАФТАХ ДЕЛЬТЫ ДОНА

К.С. Сушко, Л.П. Ильина
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kirrkka@yandex.ru, iljina@ssc-ras.ru

Дельты рек, несмотря на свои относительно небольшие размеры, занимают особое место как среди природных экосистем, так и среди территориально-хозяйственных комплексов. Благодаря выгодному географическому положению на пересечении водных путей они стали местом строительства портов и возникновения крупных промышленных центров. Вместе с тем использование этих акваторий затруднено из-за большой изменчивости их морфологических, гидрологических, гидрохимических и экологических характеристик кратковременного (штормы, сгонно-нагонные явления) и сезонного масштабов (половодье, межень) [Матишов, 2018].

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. Современная дельта Дона представляет собой 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.

В настоящее время изучение водных и наземных экосистем дельты Дона входит в число важнейших направлений исследовательских работ Южного научного центра РАН. Для проведения комплексных исследований была создана Научно-экспедиционная база «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 дельте Дона в Азовском районе.

Цель данного исследования – изучить особенности развития деградационных процессов в островных и прибрежных ландшафтах дельты Дона.

Исследования проводили в 2014–2018 гг. в составе комплексных экспедиций на НЭБ «Кагальник» (Азовский р-н, Ростовская обл.). Образцы почв и грунтов отбирались на островных и прибрежных частях дельты Дона: в северной части (гирла Мериновое, Кутерьма, Широкое, Свиное, река Мертвый Донец, ерик Церковный) и южной части (центральная, северо-западная и восточная части острова Свиной, восточный берег Свиного гирла, прибрежная территория р. Кагальник при впадении в Свиное гирло) (рис. 1).

Экспедиционная работа включала эколого-географическое профилирование островных и прибрежных ландшафтов с изучением почв, растительности, грунтовых вод, определением высотных отметок рельефа и др. Образцы почв и грунтов отбирались с использованием почвенного бура послойно каждые 0,4 м на глубину 1,50–1,87 м.

Положение ключевых участков фиксировалось с помощью GPS Garmin-12. Морфологическое описание почв (структура, гранулометрический состав, сложение, признаки засоления, наличие карбонатов и т.д.) выполнялось по общепринятым методикам [Розанов, 2004]. Отмечалась глубина появления грунтовых вод для каждой почвенной скважины. В лабораторных условиях в почвенных образцах были определены влажность почв, гумус, плотность, гранулометрический состав, pH, содержание легкорастворимых солей стандартными методиками [Аринушкина, 1970].

В период полевых работ выявлено, что в прибрежных и островных ландшафтах дельты Дона широко распространены аллювиально-луговые, лугово-

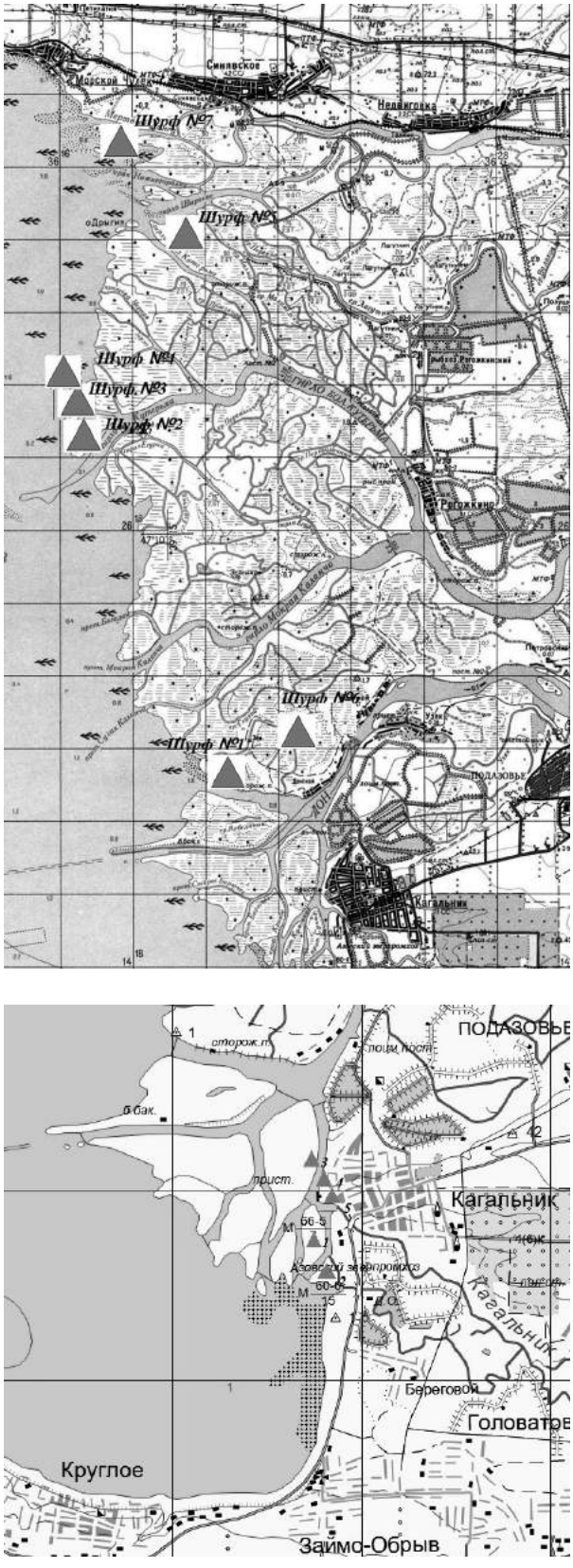


Рис. 1. Схема расположения ключевых участков островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона

аллювиальные, а также слоистые песчаные почвы дельтовых песков на почвообразующих породах различного генезиса. Почвенный профиль аллювиальных почв состоит из нескольких горизонтов (Ад–А–В–Bg–С), неоднороден и имеет четкую слоистость, связанную с чередованием песчаных слоев с темными суглинистыми прослойками. Аллювиально-луговые слоистые оглеенные почвы на аллювиальных легкосуглинистых и среднесуглинистых отложениях имеют с поверхности дернину слоем до 5–10 см, мощность гумусового горизонта А не превышает 40 см, переходный горизонт В – слабослоистый со следами оглеения в виде отдельных ржавых и сизых пятен.

В карбонатных разновидностях аллювиально-луговых почв отмечено вскипание с поверхности и сплошная пропитка почвенной массы карбонатами. Глубина залегания грунтовых вод 100–150 см. Формируются на заливных лугах с лугово-разнотравной растительностью при развитии следующих почвообразовательных процессов: поемного, аллювиального, дернового и глееобразования.

Лугово-аллювиальные слоистые карбонатные почвы на аллювиальных супесчаных отложениях формируются на аллювии облегченного гранулометрического состава. В профиле имеют четко выраженную слоистость. Вскипают с поверхности и имеют карбонатную пропитку в верхней части профиля. В нижней части профиля с 35 см отмечены признаки оглеения в виде ржавых и сизых пятен. Их образование связано с периодическим затоплением островных и прибрежных ландшафтов и переотложением частиц, приносимых паводковыми водами. Основными процессами почвообразования являются дерновый, аллювиальный и поемный.

Выявлено, что в структуре почвенного покрова дельтовых ландшафтов формируются комплексы различных аллювиальных почв с чередованием ареалов слоистых дельтовых песков на почвообразующих породах различного генезиса. Почвообразующей породой для 58–62 % аллювиальных почв островов является слоистый аллювий различного гранулометрического состава. Дельтовые песчаные почвы характеризуются рыхлым строением, слабой оструктуренностью и небольшим содержанием органического вещества. В строении профиля отмечены верхний горизонт, с более высокой оструктуренностью, насыщенный корнями растений, темными затеками гумуса, и нижележащие песчаные горизонты, сменяющиеся однородной толщей светлых песков. Ими сложена западная часть о. Джулька, периферийные части островов Бирючий, Кривой, Свиной [Сушко, Ильина, 2018].

Вся дельта сложена отложениями голоценового возраста и интенсивно расчленена многочисленными гирлами, ериками и староречьями, многие из которых прослеживаются в море под современными морскими осадками. В голоцене протекала интенсивная аккумуляция различных типов отложений, формировавшихся как в субаэральных, так и в прибрежно-морских условиях при регулярных сгонно-нагонных явлениях, затоплениях паводковыми водами и периодических отложениях слоев аллювия. Со второй половины XX в. осадконакопление в дельте происходит на фоне зарегулированного речного стока. Это привело к увеличению площадей, занятых тонкими илистыми осадками, и сокращению площадей аккумуляции песчаных наносов [Матишов и др., 2017].

Установлено, что в настоящее время происходит перераспределение слоистого песчаного аллювия по профилю дельтовых почв, который является основной почвообразующей породой. В почвенном профиле отмечены четкие признаки гидрогенной аккумуляции веществ (потеки гумуса, ржавые пятна оксида железа, сизые пятна оглеения) и дельтовых условий почвообразования (горизонтальная слоистость профиля, прослойки песка, глинистых оглеенных илов и др.). Физико-химические свойства аллювиальных почв связаны с условиями развития почвообразовательных процессов – поемного, аллювиального, дернового и глееобразования. Сравнительный анализ полученных данных с фондовыми материалами исследуемой территории середины XX в. показал, что в структуре почвенного покрова дельты Дона произошли изменения – луговые и лугово-аллювиальные почвы крупных водотоков преобразовались в маломощные аллювиальные слоистые почвы, сформированные на пойменных и старичных песках, в результате заиления и перераспределения стоков твердых наносов [Сушко, Ильина, 2018].

На основании многолетних полевых и камеральных работ выявлены основные виды деградации для островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона (табл. 1). Деградация почв – это совокупность процессов, которые приводят к изменению функций почвы, количественному и качественному ухудшению её свойств, постепенному ухудшению и утрате плодородия. Дельтовые ландшафты характеризуются развитием физической, физико-химической, биологической, гидрологической и антропогенной деградацией и другими ее видами. Следует отметить, что 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. Антро-

погенная деградация приводит к абразии берегов, изменению почвенного и растительного покрова, развитию процессов засоления почв и др.

Таблица 1. Характеристика основных видов деградации островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона

Виды деградации	Причины и факторы, приводящие к деградации
Физическая	Ухудшение физических и водно-физических свойств почв, переуплотнение, слитизация, разрушение структуры плодородных поверхностных горизонтов почв.
Физико-химическая	Ухудшение физико-химических свойств почв, водно-воздушного режима почв, трансформация минералогического состава, оглеение почвенного профиля, вторичное засоление вследствие проникновения морских вод и периодического затопления, загрязнение тяжелыми металлами и другими загрязняющими веществами, формирование ареалов засоленных почв разной степени засоления и химизма.
Биологическая	Дегумификация (потеря гумуса и уменьшение мощности гумусовых горизонтов почв), ухудшение показателей биологической и ферментативной активности почв, изменение видового состава мезофауны и др.
Гидрологическая	Переувлажнение и заболачивание почв (сгонно-нагонные явления, подъем уровня минерализованных грунтовых вод), повышение минерализации грунтовых вод.
Антропогенная	Абразия берегов, интенсификация грузоперевозок морским транспортом, потеря плодородия почв при высокой пастбищной нагрузке, смыв и уничтожение плодородного слоя почв при отсутствии берегоукрепительных сооружений, потеря плодородного слоя почв при пожарах (особенно при сжигании камыша) и др.

Таким образом, в современный период для почвенного покрова дельтовых ландшафтов характерно развитие деградационных процессов, что связано с усилением антропогенной нагрузки на экосистему нижнего Дона, развитием гидротехнического строительства, сельского хозяйства, увеличением плотности населения северо-восточного Приазовья. При этом различные виды деградации могут проявляться совместно, тем самым вызывая трансформацию почвенного покрова дельтовых экосистем, что влечет существенную потерю плодородия почв. Необходимо продолжать начатые комплексные исследования островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона с целью получения объективной информации о состоянии почвенного и растительного покрова, оценки их продуктивности и разработки способов сохранения плодородия.

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. Т. 13. № 4. 2017. С. 43–59.
4. Розанов Б.Г. Морфология почв: уч. для высш. шк. М.: Академ. проект, 2004. 432 с.
5. Сушко К.С., Ильина Л.П. Аллювиальные почвы островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогноз развития. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 85–92.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС GFAM КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ЭКОСИСТЕМЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

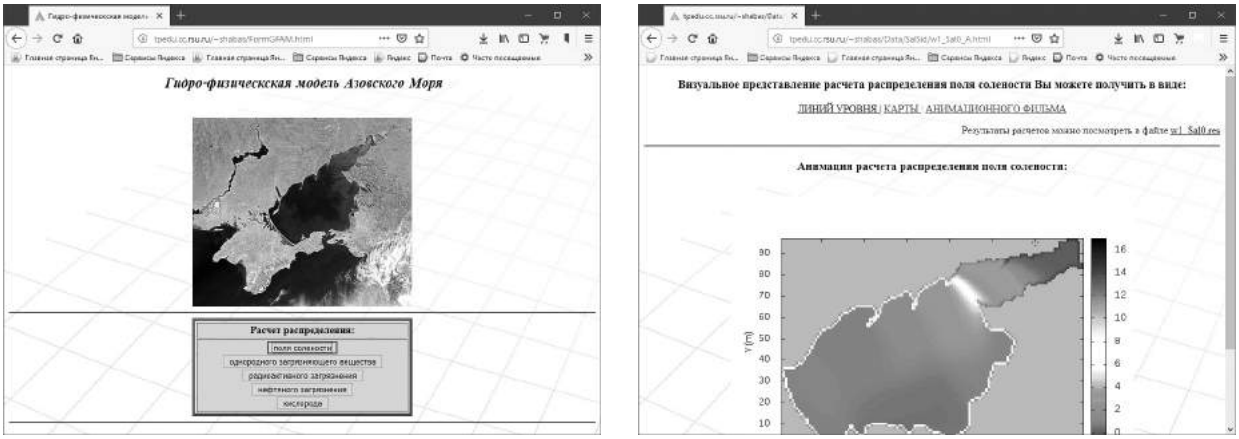
И.Н. Шабас
Институт математики и компьютерных технологий им. И.И. Воровича Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону; shabas@sfedu.ru

В результате хозяйственной деятельности человека нередки случаи опасного воздействия на экосистему региона как в случае возникновения техногенных аварий различного вида, так и вследствие нерадивого природопользования. На побережье Азовского моря расположено множество промышленных предприятий, в акватории проходят транспортные пути, по которым провозят большое количество разнообразных грузов. В процессе транспортировки, например, нефти водным путем от мест ее добычи к местам переработки возможны нефтяные загрязнения вод моря. Они оказывают негативное влияние на все процессы (физические, химические и биологические), протекающие в природных водоемах и на их границах с атмосферой и сушей.

К ухудшению в состоянии экосистемы приводят также и неблагоприятные изменения окружающей среды природного характера. Так, например, «цветение» воды в результате массового размножения микроводорослей – типичное для Азово-Черноморского региона явление. При наступлении определенных гидрометеорологических условий может произойти экстремальная вспышка численности этих водорослей. Избыточное количество органического вещества приводит к резкому ухудшению кислородного режима вод и наступлению так называемых «заморных» явлений, которые могут сопровождаться массовой гибелью рыб и других водных организмов. В районах с высокой численностью микроводорослей может также развиваться токсичная микрофлора, что создает угрозу здоровью людей.

Для заблаговременного выявления этих чрезвычайных ситуаций и организации мер, направленных на предупреждение и снижение их негативных последствий, необходимы методы и инструментарий для оперативного прогнозирования опасных природных явлений в регионе Азовского моря. Одним из путей подобного прогнозирования может стать математическое моделирование процессов распространения разнообразных примесей на поверхности водоема, а также в его толще и на его границах.

В работе рассматривается программный комплекс GFAM, который объединяет модели расчета поведения солености, распределения однородных консервативных загрязнений, распространения радиоактивных и нефтяных загрязнений, изменения кислородного режима водоема.



а) б)

Рис. 1. Стартовая (а) и результирующая (б) страницы программного комплекса GFAM

В программном комплексе выбран веб-интерфейс. В процессе работы с GFAM пользователь вводит входные данные в HTML-формы (рис. 1а). Возможности комплекса предусматривают выбор вида исследования, настройку входных параметров для каждого вида исследования, набор предлагаемых готовых ветровых ситуаций над водоемом, которые формируют соответствующую гидродинамику водоема, использование набора файлов с различными начальными полями примесей, выбор метода расчета и количества узлов высокопроизводительной вычислительной системы, на которой размещен программный комплекс.

Корректность заполнения форм проверяет JavaScript на компьютере пользователя. CGI-сценарии (язык PERL), расположенные на Web-сервере, создают текстовые файлы с входными данными для счетных модулей комплекса и формируют скрипты для постановки заданий на счет, а после их создания запускают эти скрипты в работу. Весь процесс расчета можно проследить на сгенерированной HTML-странице с соответствующими сообщениями, которая постоянно обновляется, и на которой по окончании счета (рис. 1б) можно будет увидеть результирующие данные в виде графических (рис. 2а–г) и текстового файлов. Все промежуточные данные программы хранятся с уникальными именами, что позволяет ставить на счет несколько заданий одновременно. HTML-страница тоже имеет уникальный адрес для каждого из заданий.

Распространение веществ и распределение их концентраций в жидкости описывается уравнением конвекции-диффузии. В программном комплексе GFAM реализована трехмерная математическая модель переноса многофазного вещества $\overline{S}$ в водоеме [Шабас, 2011]. Для каждой из подмоделей комплекса исходная система уравнений претерпевает соответствующие изменения и уточнения. Для расчета изменения солености водоема и расчета поведения однофазной примеси вместо вектора $\overline{S}$ рассматривается одна компонента этого вектора $\overline{S} = \{S\}$. Модели прогнозирования распределения нефтяных и радионуклидных загрязнений рассмотрены в работах [Zheleznyak, 1997; Чикин и др., 2006; Шабас, Чикина, 2015] соответственно, а моделирование кислородного режима водоема рассмотрено в работе [Шабас, Селютин, 2017].

В расчетной области строится прямоугольная равномерная по всем направлениям сетка. Для аппроксимации уравнений используется противопотоковая схема записи конвективных членов [Роуч, 1980]. В результате конечно-разностной аппроксимации получаются системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с семидиагональными матрицами. Для решения полученных СЛАУ применяются конечно-разностные методы с применением неявных схем. Для решения СЛАУ в GFAM предлагаются на выбор методы подпространства Крылова из пакета распараллеленных итерационных методов Aztec: CG, CGS, TFQMR, GMRES, BICGSTAR. Вычислительные модули комплекса написаны на языке FORTRAN-90.

Результирующие данные представляются в виде графиков (рис. 2в–г), линий уровня решения (рис. 2б), цветных карт, отражающих распределение рассматриваемых веществ по водоему (рис. 2а), анимационных файлов хода решения, а также текстового файла с результатами счета. Визуализация расчетов проведена с использованием свободно распространяемого пакета Gnuplot [Шабас, 2011].

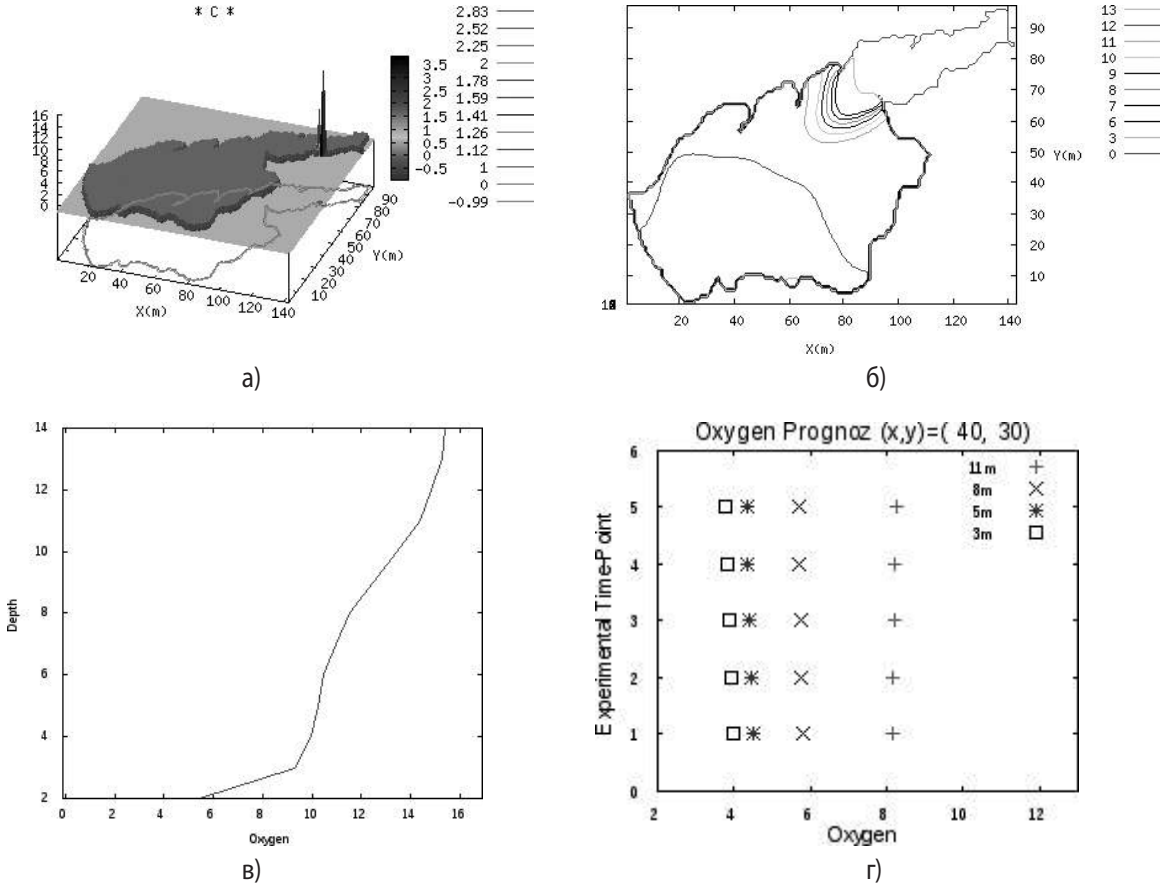


Рис. 1. Виды визуализаций результатов расчетов в программном комплексе GFAM: цветные карты (а); линии уровня (б); графики (в–г)

Результаты моделирования полей солености хорошо согласуются с наблюденными значениями, а также не противоречат результатам, полученными другими авторами. Это позволяет утверждать, что при правильном подборе коэффициентов и методов решения предлагаемые математические модели достаточно точно описывают процессы распространения и переноса веществ, а программный комплекс может быть использован в научных исследованиях и для оперативного прогнозирования опасных природных явлений в регионе Азовского моря

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. 284 с.
2. Чикин А.Л., Шабас И.Н., Сидиропуло С.Г. Математическая модель распространения радионуклидов в Цимлянском водохранилище в случае их залпового выброса // Вестн. Южного научного центра. Т. 2. № 3. 2006. С. 78–81.
3. Шабас И.Н. Визуализация результатов расчетов решения задач переноса вещества. // Современные проблемы математического моделирования: сб. тр. XVI Молодежной конф.-шк. с междунар. участием. Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2011. С. 306–312.
4. Шабас И.Н., Селютин В.В. Математическое моделирование кислородного режима в водоемах Азово-Черноморского региона // Современные проблемы математического моделирования: сб. тр. XVII Всерос. конф.-шк. молодых исследователей (пос. Абрау-Дюрсо, 11–16 сент. 2017 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2017. С. 180–184.
5. Шабас И.Н., Чикина Л.Г. Математическое моделирование распространения нефтяного загрязнения в водоеме с учетом изменений температуры // Современные проблемы математического моделирования: сб. тр. XVI Всерос. конф.-шк. молодых исследователей. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 239–243.
6. Zheleznyak M.J. The mathematical modelling of radionuclide transport by surface water flow from the vicinity of the Chornobyl Nuclear Power Plant // Condensed Matter Physics. № 12. 1997. P. 37–50.

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВО ВЗВЕШЕННОЙ И РАСТВОРЕННОЙ ФОРМАХ В ДЕЛЬТУ ДОНА ПРИ ВЕТРОВЫХ НАГОНАХ

И.В. Шевердяев
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
ig71089@yandex.ru

В ЮНЦ РАН в 2018–2019 гг. выполняется проект РФФИ «Выявление вклада нагонных явлений в поступление тяжёлых металлов в дельту Дона». В его рамках на основе доступных материалов наблюдений за колебанием уровней в дельте Дона и придельтовой части Таганрогского залива, данных о физико-географических особенностях рассматриваемого участка (рельеф, батиметрия, растительный покров и др.) проводятся математические расчёты уровней и динамики форм тяжёлых металлов во время сгонов и нагонов.

В 2018 г. в рамках проекта проводился анализ сгонно-нагонных явлений [Третьякова, 2018], уточнение физико-географических особенностей дельты Дона и придельтовой части Таганрогского залива [Клещенков и др., 2018] и математические расчёты уровней [Шевердяев и др., 2019].

В результате проведённого анализа наблюдений автоматического уровнемера в х. Донской за 2014–2018 гг., фиксирующего уровни каждые 10 мин., было показано, что уровни более 0 м (т.е. которые можно отнести к нагонам) наблюдались в среднем 61,4 % времени. Около 50 % времени, или 80,6 % от всех нагонов, относились к слабым (максимальный уровень менее 0,5 мБС). Менее 12 % времени, или почти 20 % от всех нагонов, составили умеренные (максимальный уровень между 0,5 и 1,5 мБС). Время сильных нагонов (максимальный уровень до 2,5 мБС) составило менее 1 %, они нечасты и кратковременны. Экстремальные нагоны, превышающие 2,5 мБС, наблюдались только в 2014 г. При этом прослеживается некоторая динамика по годам с повышенным временем нагонов в 2014 и 2016 гг. (до 69,5 % времени) и пониженным в 2015 и 2018 гг. (до 55 % и 55,1 % соответственно). Возможно, наблюдения колебания уровня в последующие годы позволят проследить межгодовую динамику уровня более детально.

В рамках исследования шероховатости была построена карта распределения типов покрытий земной поверхности (в англоязычной литературе именуемых land use land cover), включающая в себя следующие классы: тростниковые заросли, травянистый покров (пойменные луга), водные объекты (главные рукава дельты, пруды, ерики и ручьи), открытый грунт (пляжи, песчаные дюны, отсыпки и т.д.), леса, дороги, селитебные территории. Каждому из выделенных классов были присвоены значения коэффициентов шероховатости Маннинга, приведенные в специальной литературе [Henderson, 1966; Barnes, 1967; Graf, 1998; Guide for Selecting … 1989; Shih, Rahi, 1982]. Для классов водных объектов (русел и других постоянно затопленных территорий) использовался коэффициент шероховатости 0,0125, полученный в работе [Шевердяев, 2018].

Проведенный нами анализ натурных данных синхронного изменения уровней воды на островах и в рукавах дельты в период спада нагонов и вегетационных индексов NDVI в различные сезоны года [Клещенков и др., 2018] позволил получить сезонный ход шероховатости участков, покрытых тростниковыми зарослями [Шевердяев и др., 2019].

С помощью программного комплекса HEC-RAS проводилось гидрологическое моделирование затопления дельты в результате взаимодействия сгонно-нагонных процессов в условиях переменной водности Дона. Использовалась расчётная сетка, охватывающая дельту и пойму Дона от г. Аксай до авандельты Дона по меридиану 39,2° в.д. Сетка представляет собой набор ячеек 100×100 м, осложнённый береговыми линиями со сгущением до 50×50 м. Были установлены 2 границы: русло Дона у г. Аксай (верхняя граница) и линия в Таганрогском заливе Стефанидодар – Морской Чулек (нижняя граница). На верхней границе задавался речной расход в Дону, на нижней – ход уровня на приустьевом участке Таганрогского залива, согласно наблюдениям уровнемера в х. Донском.

Получены следующие результаты:

- при увеличении расхода в Дону во время нагонов при прочих равных условиях затапливаются большие территории;
- при повышенной шероховатости затапливается меньшая площадь, и её максимум наступает позже;
- величина нагона в большей степени, чем расход Дона или шероховатость, определяет максимальную затопленную площадь.

В 2019 г. проводятся работы по моделированию динамики форм тяжёлых металлов в дельте Дона при нагонах и сгонах на основе полученных в первый год выполнения проекта расчётов гидрологических сценариев. Она будет состоять из 2 этапов. На первом этапе рассматриваемый участок будет разделён на районы (компартменты). В пределах расчётной сетки, охватывающей дельту Дона и часть долины Нижнего Дона, будут выделены: акватория Таганрогского залива, акватории основных русел рек и рукавов, охватывающие однородные элементы русла (колено, поворот и др.); территория суши будет разделена на участки правых и левых водосборов выделенных акваторий. Выделенные участки суши, обменивающиеся водой с различными участками акваторий посредством не выраженных в самостоятельных участках каналов и ериков, будут разделяться между смежными акваториями равномерно. На втором этапе для оценки динамики взвешенных веществ будут использоваться следующие балансовые уравнения:

$$V^k(t+dt)b^k(t+dt) = V^k(t)b^k(t) + \sum_i Q^{k,j}(t,t+dt)b^j(t,t+dt) - Q^{k,k}(t,t+dt)b^k(t,t+dt) + Q^{in,k}(t,t+dt)b^{in,k}(t,t+dt) - \omega S^k(t,t+dt) \times (\gamma_1\eta_1 + \gamma_2\eta_2 + \gamma_3\eta_3 + \gamma_4\eta_4 + \gamma_5\eta_5)b^k(t,t+dt)dt$$

$$V^k(t+dt) = V^k(t) + \sum_i Q^{k,j}(t,t+dt) - Q^{k,k}(t,t+dt) + Q^{in,k}(t,t+dt)$$

где:

$V^k(t+dt)$, $V^k(t)$ – объём воды в k-м районе в моменты времени t и t+dt соответственно, тыс. м^3;

$Q^{k,j}(t,t+dt)$ – объём воды, поступивший в k-й район из j-го района в период времени $(t,t+dt)$, тыс. м^3. Суммирование идёт по всем j-м районам, которые имеют с k-м районом общую границу и для которых поток направлен в k-й район;

$Q^{k,k}(t,t+dt)$ – объём воды, который вытек из k-го района в смежные j-е районы в период времени $(t,t+dt)$, тыс. м^3;

$Q^{in,k}(t,t+dt)$ – объём воды, поступивший в k-й район из внешних источников (из Таганрогского залива или из границы расчётной сетки в русле Дона) в период времени $(t,t+dt)$, тыс. м^3;

$b^k(t+dt)$, $b^k(t)$ – средняя по объёму концентрация взвешенного вещества в k-м районе в моменты времени t и $t+dt$ соответственно, мг/дм^3;

$b^j(t,t+dt)$, $b^k(t,t+dt)$, $b^{in,k}(t,t+dt)$ – средняя в интервале времени $t,t+dt$ средняя по объёму концентрация взвешенного вещества в соответствующих районах и водных массах, поступающих извне, мг/дм^3;

ω – скорость осаждения взвешенного вещества, м/с;

$S^k(t,t+dt)$– площадь района под водой, средняя в интервале времени $t,t+dt$, тыс. м^3;
η_i – доля площади района по типу подстилающей поверхности, постоянно находящаяся под водой ($\sum\eta_i=1$);
γ_i – коэффициенты, отражающие изменение скорости осаждения в зависимости от типа подстилающей поверхности.

Представленные переменные рассчитываются на основе расходов через границы выделенных районов, а также свойств (содержание форм ТМ) поступающей речной и морской воды. Первые результаты моделирования динамики форм тяжёлых металлов в дельте Дона на основе использования условных нагонов и коэффициентов шероховатости были представлены в работе [Бердников и др., 2018]. В 2019 г. эти результаты будут обновлены. Также будут оценено поступление, накопление и динамика форм тяжёлых металлов в дельте Дона в годовом выражении для 2015–2018 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18–35-00441 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бердников С.В., Шевердяев И.В., Клещенков А.В. Анализ поступления взвешенных веществ в дельту Дона при нагонах на основе численного моделирования // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: материалы Международной молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сент. 2018 г.) / под ред. Г.Г. Матишова. Ростов н/Д; Ростов-н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 18–23.

Клещенков А.В., Шевердяев И.В., Мельник И.А. Оценка сезонной динамики шероховатости поверхности в дельте Дона по данным дистанционного зондирования // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития … Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 37–41.

Третьякова И.А. Оценка повторяемости нагонов различной величины в дельте Дона по данным наблюдений // Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. doi: 10.23885/2500–395x-2018–1-3–258-261. Ростов н/Д, 2018. Т. 1. № 3. С. 258–261.

Шевердяев И.В. Исследование шероховатости русел дельты Дона на основе наблюдений колебаний уровня в мае 2018 г. // Экология. Экономика. Информатика. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. doi: 10.23885/2500–395x-2018–1-3–276-279. Ростов н/Д, 2018. Т. 1. № 3. С. 276–279.

Шевердяев И.В., Клещенков А.В., Третьякова И.А. Опыт гидрологического моделирования нагонов в дельте Дона // Наука Юга России. 2019 (в печати).

Barnes H.H. Roughness characteristics of natural channels // U.S. Geological Survey Water-Supply. Paper 1849. 1967. USGS: 213 p.

Graf W.H. Hydraulics of Sediment Transport // Water Resources Publications LLC. 1998. 513 p.

Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. 1989. URL: https://pubs.er.usgs.gov/publication/wsp2339 (дата обращения: 15.12.2018).

HEC-RAS: River Analysis System. URL: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/ (дата обращения: 15.12.2018).

Henderson F.M. *Open-channel flow*. New York: MacMillan Publishing Co. Inc., 1966. 522 p.

Shih S.F., Rahi G.S. Seasonal Variations of Manning's Roughness Coefficient in a Subtropical Marsh. *Transactions of the ASAE*. 25(1). 1982. P. 116–119. doi: 10.13031/2013.33488.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ ПРИ ЭКСПОЗИЦИИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ С ЧАСТОТОЙ 8 ГЦ

А.П. Яковлев
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск; xloroplast@mail.ru

Введение. Известно, что одной из ведущих физиологических стресс-систем организма, обеспечивающих развитие общего адаптационного синдрома, является центральная нервная система (ЦНС). Именно ей отво-

дится главная роль в ответе организма животных и человека на электромагнитные поля нетепловой интенсивности [Павлова и др., 2010; Холодов, 1996; 1998; Лукьянова, 2015]. С изменениями ее состояния, а именно, динамических взаимоотношений между процессами возбуждения и торможения в ЦНС, многие авторы связывают проявление магнитных биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМП [Лукьянова, 2002].

Поскольку в научной литературе отсутствуют данные о влиянии ЭМП на высшую нервную деятельность ластоногих, представляется целесообразным изучение влияния электромагнитных полей на деятельность ЦНС настоящих тюленей, в частности на устойчивость выполнения условных рефлексов второго порядка, т.е. на работоспособность этих животных.

Целью данных исследований являлось изучение влияния искусственного электромагнитного поля с частотой 8 Гц на работоспособность серых тюленей.

Объект и методы исследования. В ходе экспериментальных работ, проводимых на биофизическом исследовательском комплексе ММБИ – ПГИ в г. Мурманске в период с 2015 по 2016 г., были поэтапно задействованы две половозрелые самки серого тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) – Соня и Бузя.

Источник электромагнитного поля включал в себя задающий генератор с возможностью установления несущей частоты в диапазоне 0,01–36 Гц; излучающую антенну, огибающую бассейн по периметру с образованием горизонтальной рамки. Напряженность искусственного электромагнитного поля синусоидальной формы, подаваемого на излучающую антенну, составляла 45–50 А/м.

В нашей работе использован метод условных рефлексов как один из наиболее информативных для экспериментального изучения функционального состояния высших отделов ЦНС [Павлова и др., 2013]. Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов.

На первом этапе эксперимента, после адаптации тюленей к новым условиям содержания, было проведено 5 тренировок по контролю выполнения ранее выработанных инструментальных рефлексов «таргет» и «ищи», а также «бридж-сигнала» – специальный звуковой стимул, ассоциирующийся у тюленя с положительным пищевым подкреплением. На первой тренировке тюленя знакомили с «мишенью» – кеглей красного цвета, длиной 25 см и диаметром 8 см, закрепленной с помощью веревки у борта бассейна на 10–15 см выше уровня среза воды, – и «таргетом» (целевым указателем) – шестом с желтым пластиковым шаром на конце.

Тренировки проводили в утренние часы (10 ч утра), всего за тренировку подавалось 40 команд по 20 каждой. Тренировочный процесс был организован следующим образом: тюлень занимал стартовую позицию у одного и того же борта бассейна. Ему предъявлялся таргет с одновременной звуковой командой «таргет», тюлень должен был коснуться носом целевого указателя (желтый шар) и удерживать такое положение как можно дольше, как только животное отводило нос от таргета, следовал бридж-сигнал и пищевое подкрепление. Затем тюлень занимал стартовую позицию у того же борта бассейна, после чего подавалась звуковая команда «ищи». Животное должно было проплыть до противоположного борта бассейна и коснуться мишени (красная кегля) носом, после чего звучал бридж-сигнал и следовало пищевое подкрепление. В случае невыполнения поданной команды или своевольное оставление стартовой позиции, пищевое подкрепление не подавалось. После 5 контрольных тренировок, убедившись в стабильности выполнения выработанных ранее инструментальных условных рефлексов, перешли к следующему этапу эксперимента.

Второй этап эксперимента заключался в проведении 15 тренировок. Фиксировались следующие параметры: время удержания целевого объекта – таргета (команда «таргет»), измеряемое в секундах; время поиска предмета (мишени) по команде «ищи», измеряемое в секундах; количество ошибок. Ошибкой считалось «неправильное» действие животного – по ряду причин тюлень не всегда выполнял команду тренера, мог, не дождавшись команды, самовольно уплыть к целевому раздражителю или покинуть стартовую позицию. Также регистрировали общую продолжительность каждой тренировки – время фиксировалось от подачи первой команды до выполнения животным последней из общего числа команд (всего 40 штук).

В ходе третьего этапа эксперимента были проведены 15 аналогичных тренировок. Главным отличием от второго этапа было то, что серых тюленей во время тренировок подвергали воздействию искусственного низкочастотного электромагнитного поля с частотой 8 Гц. Фиксировался тот же перечень контрольных параметров.

Результаты и обсуждение. Контроль скорости подхода животного к мишени и время удержания целевого объекта позволяет оценить наличие или отсутствие отвлекающих, тревожных или опасных факторов, способных оказывать влияние на скорость выполнения определенных команд или способность сосредотачивать внимание животного на определенном действии. Другими словами подобный подход позволяет оценить работоспособность серого тюленя при воздействии какого-либо раздражающего фактора.

Для всех контролируемых параметров были получены усредненные значения из 15 тренировок в каждой серии экспериментов. Средняя продолжительность тренировки у тюленя по кличке Соня составила 28 мин. 31 с (при фоновых значениях геомагнитного поля) и 31 мин. 35 с (при экспозиции животного в искусственном нч ЭМП). Средняя продолжительность тренировки у тюленя по кличке Бузя составила 31 мин. 27 сек. при фоно-

вом геомагнитном поле и 36 мин. 27 сек. при воздействии нч ЭМП. Среднее количество ошибок, допущенных Соней, за тренировку составило 1,33 в серии тренировок без воздействия нч ЭМП и возросло до 2,73 ошибок в серии тренировок с экспозицией животного в искусственном электромагнитном поле. Серый тюлень Бузя допускал 1,47 ошибки за тренировку в серии экспериментов без воздействия нч ЭМП и 3,20 ошибок за тренировку в экспериментах с экспозицией в электромагнитном поле (рис. 1).

Средняя продолжительность тренировок у тюленей Сони и Бузи в опытах без воздействия нч ЭМП имеет различные значения, что связано с индивидуальными особенностями животных, при этом в опытах с экспозицией животных в электромагнитном поле среднее время тренировки незначительно возросло у обоих тюленей (рис. 1). Иная картина наблюдается с ростом среднего количества допущенных ошибок за тренировку у обоих испытуемых животных – при достаточно низком количестве ошибок, в экспериментах без воздействия нч ЭМП, среднее количество неверных выполнений команд выросло более чем в два раза при проведении тренировок с экспозицией тюленей в искусственном нч ЭМП. Оба испытуемых животных гораздо чаще отказывались выполнять команды тренера или занимать стартовую позицию при воздействии на них электромагнитного поля.

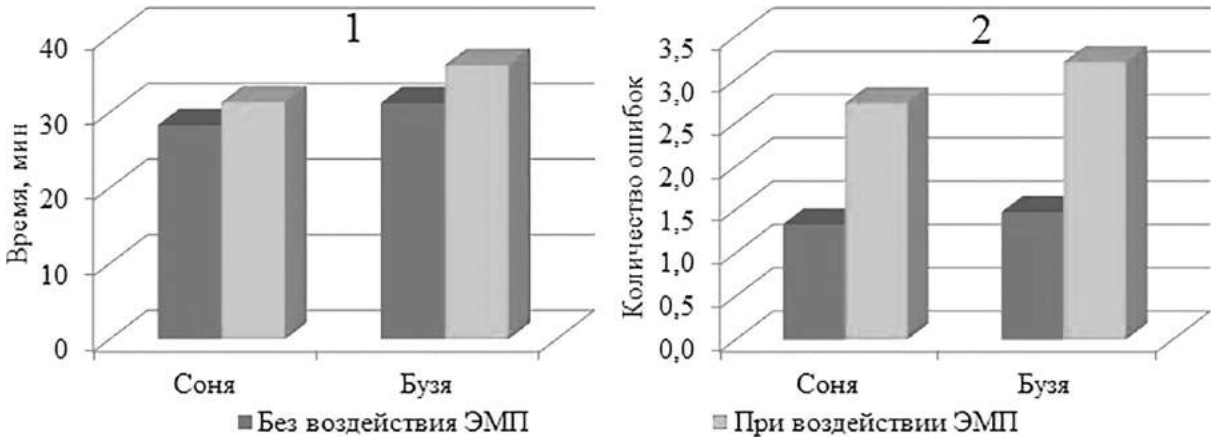


Рис. 1. Средняя продолжительность тренировки (1) и среднее количество ошибок, совершаемых тюленем за тренировку (2) в экспериментах без воздействия нч ЭМП и при его воздействии

На рисунке 2 отражены средние значения контролируемых показателей – времени удержания целевого указателя и времени выполнения команды «ищи». Без воздействия электромагнитного поля среднее время удержания таргета было достаточно продолжительным как у Сони, так и у Бузи, и составило 15,08 и 18,54 сек. соответственно. При проведении тренировок с экспозицией животных в искусственном нч ЭМП, среднее время удержания целевого указателя составило 9,78 с (у Сони) и 11,55 с (у Бузи), что в полтора раза меньше значений, полученных в первых сериях тренировок. Напротив, среднее время выполнения команды «ищи», выросло в сериях тренировок с экспозицией тюленя в нч ЭМП и составило для Сони – 6,67 с, для Бузи – 7,39 с, а на тренировках без воздействия электромагнитного поля среднее время выполнения данной команды составляло 4,61 и 4,87 сек. соответственно.

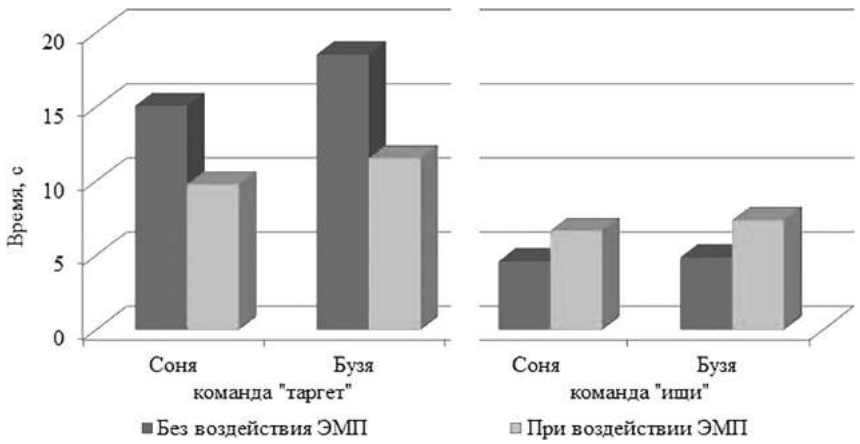


Рис. 2. Среднее время удержания целевого указателя (команда «таргет») и среднее время поиска мишени (команда «ищи») тюленями Соня и Бузя в экспериментах без воздействия искусственного нч ЭМП и при его воздействии

Выводы. Совокупность полученных данных позволяет утверждать, что экспозиция серых тюленей в искусственном электромагнитном поле с частотой 8 Гц оказывает раздражающее, тревожащее воздействие, проявляющееся в снижении эффективности реализации инструментальных условных рефлексов второго порядка, что приводит к снижению работоспособности серых тюленей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянова С.Н. Феноменология и генез изменений в суммарной биоэлектрической активности головного мозга на электромагнитное излучение // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42. № 3. С. 308–314.
2. Лукьянова С.Н. Электромагнитное поле СВЧ-диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. 200 с.
3. Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В. Влияние низкоинтенсивного широкополосного импульсно-модулированного электромагнитного поля на когнитивные функции мозга крыс // Радиация и риск. 2013. Т. 22. № 2. С. 91–100.
4. Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Глушакова В.С., Посадская В.М. Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности // Радиация и риск. 2010. Т. 19. № 3. С. 104–119.
5. Холодов Ю.А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. М.: Наука, 1996. 284 с.
6. Холодов Ю.А. Неспецифическая реакция нервной системы на неионизирующие излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998. Т. 38. № 1. С. 121–124.

ФИТОПЛАНКТОН ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ПОРТ СОЧИ И МЫС ВИДНЫЙ) В ИЮЛЕ 2012 г.

О.Н. Ясакова
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
yasak71@mail.ru

Фитопланктон – начальное звено в пищевой цепи морей и океанов, уровень его развития определяет продуктивность всего водоема и запасы рыбных ресурсов. Две трети кислорода на Земле производится одноклеточными планктонными водорослями, по сути это «легкие планеты», значение которых в поддержании газового режима атмосферы столь же высоко, как и тропических лесов. В загрязненных акваториях моря фитопланктон также выступает в роли санитара.

В последние десятилетия возросшую антропогенную нагрузку испытывают фитоценозы шельфовой зоны Черного моря, негативному влиянию человеческой деятельности в первую очередь подвержены планктонные сообщества в районе крупных приморских городов. Несмотря на значительное количество исследований фитопланктона, выполненных в северо-восточной части Черного моря, опубликованных материалов о состоянии планктонных альгоценозов порта Сочи крайне не достаточно.

Целью нашей работы было изучить видовой состав и количественное развитие планктонных водорослей в акватории порта Сочи и в районе открытого шельфа Черного моря в летний период 2012 г.

Материал и методы. Исследования фитопланктона были выполнены непосредственно в акватории порта Сочи и за его пределами в открытом море (5 станций), а также в районе мыса Видный (4 станции) в начале июля 2012 г. Отбор проб фитопланктона производили в дневное время суток с борта судна с поверхности воды. Для концентрирования проб применяли осадочный метод, фиксировали раствором Люголя и формалина [Кольцова и др., 1979]. Количественный учёт организмов фитопланктона производили с помощью микроскопа МИКМЕД-2 с увеличением ×200 и ×400. Для идентификации видов использовали общепринятые руководства [Прошкина-Лавренко, 1963; Киселев, 1950; Коновалова, 1998; Dodge, 1982; Tomas, 1997]. Биомассу фитопланктона определяли обычным счетно-объемным методом [Кольцова, 1970].

Результаты исследований. В районе исследований обнаружено 48 видов планктонных водорослей, относящихся к 5 отделам *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Euglenophyta* (эвгленовые), *Cryptophyta* (криптофитовые) (табл. 1). Наиболее богаты видами были диатомовые

(18 видов) и динофитовые водоросли (26 видов). Другие отделы были представлены 1–2 видами. Максимальное видовое разнообразие среди (16 видов) диатомовых водорослей наблюдали в открытом районе моря, где род *Chaetoceros* был наиболее широко представлен: *C. affinis, C. curvisetus, C. scabrosus*, *C. simplex*. В акватории порта Сочи развитие получили 12 видов диатомовых водорослей, были отмечены показательные для загрязненных и опресненных участков моря представители эвгленовых (*Eutreptia lanowii*, *Eutreptia* sp. и *Euglena* sp.) и криптофитовых водорослей (*Plagioselmis prolonga* и *P. punctata*). Динофитовые водоросли в порту и в открытой шельфовой зоне моря насчитывали близкое количество (18–23) видов.

Высокие значения численности фитопланктона зарегистрированы в открытом море – в районе мыса Видный (219 тыс. кл/л) за счет преимущественного развития мелкоклеточного вида золотистых водорослей *(Emiliania huxleyi*). В акватории порта и за его пределами значения плотности фитопланктона были в 1,5 раза ниже (139 и 152 тыс. кл/л). Максимальные величины биомассы обнаружены в открытом море напротив порта Сочи (279 мг/м^3), непосредственно в самом порту и на остальной акватории открытого шельфа эти значения были несколько ниже (239–247 мг/м^3).

Диатомовые водоросли формировали 12 % общей численности и 49–52 % биомассы фитопланктона на акватории порта и за его пределами. На остальной исследуемой акватории открытого моря (мыс Видный) их значение было не столь высоко – 6 % общей численности и 29 % биомассы. Основное развитие повсеместно получили *Pseudonitzschia seriata, P. pseudodelicatissima, Pseudosolenia calcar-avis, Nitzschia tenuirostris.* Непосредственно за пределами порта доминировали также *Thalassionema nitzschioides*, *Talassiosira* sp. Крупноклеточный вид *P. calcar-avis формировал от 22 до 48* % биомассы фитопланктона. На уровне субдоминант развивались *Dactyliosolen fragillissimus, Pseudonitzschia seriata, Proboscia alata, Pleurosigma elongatum* (в сумме до 5 % общей биомассы). Среди временно планктонных видов в районе исследований встречались немногочисленные *Cocconeis scutellum, Striatella delicatula, Achnanthes longipes, Melosira moniliformis.*

Динофитовые водоросли формировали 14–19 % общей численности и 41–66 % биомассы в районе порта и в открытом море. Среди них количественно преобладали *Gyrodinium fusiforme, Oblea rotunda, Prorocentrum micans, Scrippsiella trochoidea, Diplopsalis lenticula,* мелкоклеточные виды родов *Glenodinium* и *Gymnodinium*. Крупноклеточные *Polykrikos cofoidii, Ceratium furca* и менее крупные виды *Dinophysis caudata, Akashiwo sanguine, Gyrodinium spirale, Oblea rotunda, P. micans, Diplopsalis lenticula* и *Scrippsiella trochoidea* в сумме формировали значительную часть (25–50 %) общей биомассы фитопланктона. На долю *Cryptophyta* и эвгленовых *E. lanowii*, *Euglena* sp. приходилось не более 6 % общей численности и 1 % биомассы фитопланктона порта.

От 66 % общей численности фитопланктона в районе порта до 79 % в открытом районе моря в этот период формировал показательный для открытых вод нанопланктонный вид золотистых водорослей *Emiliania huxleyi*, развитие которого в условиях Черного моря отмечают с февраля по ноябрь, пик численности вида наблюдают с апреля по июль. Надо отметить, что в 2012 г. развитие этого вида было наиболее интенсивным за последние десятилетия [Ясакова, Бердников, 2012].

Таким образом, более высокий уровень развития *E. huxleyi* и низкая численность эвгленовых водорослей в шельфовой зоне за пределами порта, вероятно, связаны с пониженным фоном питательных веществ и указывают на лучшую экологическую ситуацию в открытом районе моря.

Таблица 1. Таксономический состав фитопланктона в районе Сочи в июле 2012 г.

Отдел вид водорослей / район исследования	порт Сочи	за пределами порта Сочи	мыс Видный
Bacillariophyta			
Achnanthes longipes C. Agardh	+	–	–
Cerataulina pelagica (Cl.) Hendey	–	–	+
Chaetoceros affinis Laud.	+	+	+
Chaetoceros curvisetus Cleve	+	+	+
Chaetoceros scabrosus Pr.-Lavr.	–	–	+
Chaetoceros simplex Ostf.	–	–	+
Cocconeis scutellum Ehrenberg	–	–	+
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle	+	–	+
Leptocylindrus danicus Cleve	–	–	+
Melosira moniliformis (O. Mull) Ag.	+	–	–
Nitzschia tenuirostris Mer.s.L.	+	–	+
Pseudonitzschia seriata (Cl.) Peragallo	+	+	+

Окончание таблицы 1

Отдел вид водорослей / район исследования	порт Сочи	за пределами порта Сочи	мыс Видный
Pseudonitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle	+	+	+
Proboscia alata (Brightwell) Sundström	+	+	+
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) Sundstrom.	+	+	+
Pleurosigma elongatum W. Smith	+	–	+
Striatella delicatula (Kützing) Grunow ex Van Heurck	–	–	+
Thalassionema nitzschioides (Grun.)Grun.ex Hustedt.	+	+	+
Thalassiosira sp.	–	+	–
Dinophyta			
Akashiwo sanguinea (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup	–	–	+
Amphidinium sp.	+	–	–
Ceratium furca (Ehr.) Clap.et Lachm.	+	+	+
Ceratium fusus (Ehr.) Dujard.	+	–	–
Ceratium tripos (O.F.Mull.) Nitzsch.	+	–	–
Prorocentrum cordatum (Ostf.) Dodge	+	–	+
Prorocentrum compressum (Bail.) Abe ex Dodge	+	+	+
Prorocentrum micans Ehr.	+	+	+
Diplopsalis lenticula f. lenticula Bergh	+	+	+
Dinophysis caudata Saville-Kent.	+	–	+
Dinophysis rotundatum Clap.et Lachm.	+	+	+
Ensiculifera carinata Matsuoka, Kobayashi et Gains	–	–	+
Katodinium rotundatum (Lohm.) Loeblich.	+	–	–
Glenodinium spp.	+	+	+
Gymnodinium simplex (Lohm.) Kof. Et Sw.	+	+	+
Gymnodinium wulffii Schill.	+	–	–
Gymnodinium spp.	–	–	+
Gyrodinium fusiforme Kof. et Sw.	+	+	+
Gyrodinium spirale (Bergh) Kof. et Sw.	+	–	+
Gonyaulax spinifera (Clap.et Lachm.) Diesing	+	–	–
Gonyaulax verior Sournia	+	–	–
Heterocapsa sp.	+	–	–
Oblea rotunda (Lebour) Balech ex Sournia	+	–	+
Protoperidinium crassipes (Kof.) Balech.	+	–	–
Protoperidinium granii (Ostf.) Balech.	+	–	+
Protoperidinium aff curtipes (Jørgensen) Balech	+	–	–
Protoperidinium steinii (Jorg.) Balech.	+	+	+
Protoperidinium divergens (Ehr.) Balech.	+	–	–
Protoperidinium spp.	+	–	–
Polykrikos kofoidii Chatton	–	–	+
Scrippsiella trochoidea (Stein) Balech	+	+	+
Euglenophyta			
Euglena sp.	+	–	+
Eutreptia lanowii Steuer.	+	–	+
Eutreptia sp.	+	+	–
Cryptophyta			
Plagioselmis prolonga Butcher ex G.Novarino	+	–	–
Plagioselmis punctata Butcher	+	–	–
Chrysophyta			
Emiliania huxleyi (Lohm.) Hay at Mohler	+	+	+

Примечание: «+» – наличие вида, «–» – отсутствие вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Н.А. Панцирные жгутиконосцы. М.; Л.: АНСССР, 1950. 280 с.
2. Кольцова Т.Н. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. 1970. № 6. С 114–119.
3. Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. науки. 1979. № 6. С. 96–100.
4. Коновалова Г.В. Динофлагелляты (Dinophyta) Дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1998. 297 с.
5. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря / АНСССР. 1963. 216 с.
6. Ясакова О.Н., Станичный С.В. Аномальное цветение Emiliania huxleyi (Prymnesiophyceae) в 2012 году в Черном море // Морской экологический журнал. 2012. Т. XI. № 4. С. 54.
7. Dodge J. D. Marine Dinoflagellates of the British Islend. London: HMSO, 1982. 301 p.
8. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA: Academic Press; Harcourt Brace Company, 1997. 821 p.

THE CHANGES OF ECOLOGICAL STATUS OF THE HRAZDAN RIVER UNDER THE IMPACT OF AGHBYURAK DAM

Asatryan V.L., Dallakyan M.R.
Institute of Hydroecology and Ichthyology of SCZHE NAS RA, Yerevan
vardanasatryan@yahoo.com

Introduction. Dam construction is of huge importance from an economical point of view, though some disadvantages for hydroecosystems may also arise [Lin, 2011]. River regimes are mainly violated by dams because they alter the downstream flow and the motion of sediments, thus, modifying biogeochemical cycles and the structure of aquatic and riparian habitats [Poff, Hart, 2002; Brittain, L'Abe´e-Lund, 1995; Ward, 1982; Ward, Stanford, 1979; Baxter, 1977].

Thus, the aim of the current study was to reveal the impact of Aghbyurak Dam on the ecological status of the Hrazdan River based on benthic community composition and spatial analysis of changes.

Material and Methods. *Study Area.* Aghbyurak Dam was constructed in the upper course part of the Hrazdan River downstream from the confluence with the Marmarik tributary. It also feeds the Hrazdan Canal which derives water from Lake Sevan and mainly maintains the operation of the Sevan-Hrazdan Hydroelectric Power Plant (HPP) Cascade and irrigation systems of the region. Downstream from Aghbyurak Dam mixed water from the Hrazdan River and Hrazdan Canal flows through Qaghsi Wastewater Treatment Station, which doesn't operate nowadays. Maximum capacity of Aghybyurak reservoir is 5 mln cub m, height of the dam is 14.5 m, waterlogged area is 170 ha [Mnatsakanyan, 2005]. Sampling sites have been chosen on the way to see the spatial dynamics of changes in the structure of benthic community and water quality upstream and downstream from the dam (Fig.1). Thus, Station I is located in the Marmarik tributary 12 km upstream from Aghbyurak reservoir, Station II – after confluence of the Marmarik and Tsaghkadzor tributaries with the Hrazdan River (2.5 km upstream from Aghbyurak reservoir), Station III is at the closest possible place after Aghbyurak Dam (2.5 km) and Station 4 – downstream from Aghbyurak Dam by 11 km along the Hrazdan River course (near the village of Bjni).

Sampling and Processing Procedures. In order to reveal the effects of the dam, the study was conducted during the minimum flow season (summer) in 2018. Multihabitat sampling principles combined with the sampling approaches proposed by AQEM project [EN ISO 10870:2012; AQEM Manual, 2002] were applied using Surber sampler with the frame of 0.09 m^2 and mesh size of 500 µm. Material was fixed in 96 % solution of ethanol and placed into a collection jar clearly marked with the sample geographical coordinates recorded by Garmin eTrex 20 GPS receiver. Further processing of samples and determination were implemented at the laboratory using the keys [Bestimmungshilfen-macrozoobenthos, 2010; Taxonomie fur die Praxis, 2010; Waringer, Graf, 2011]. Assessment of ecological status was done using RBA method, developed for Armenia according to EU WFD requirements [Cheshmedjiev, 2013]. This method is based on the abundance and sensitivity of benthic macroinvertebrates (Tab. 1).

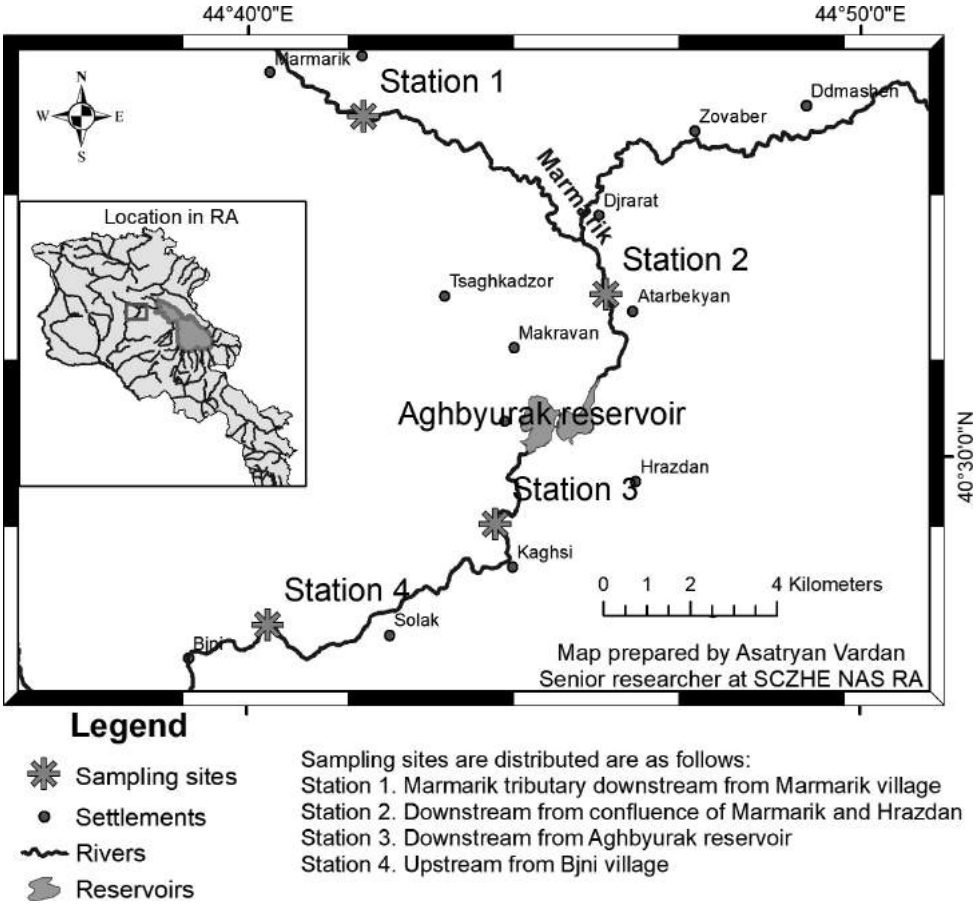


Fig. 1. The scheme of sampling sites

Table 1. Relative abundance of benthic macroinvertebrates (individual/m²)

Individual/m²	Relative Abundance
1–5	Few
6–20	Present
21–50	Common
51–100	Plentiful
100+	Dominant

Following Cheshmedjiev [2013] gradation, benthic macroinvertebrates were classified into five tolerance groups (from the sensitive taxa (A group) to the most tolerant taxa (E group)). Jaccard Index of Similarity [Concise, 2014] was used to recognise the impact of dam on the community of benthic macroinvertebrates. Mapping was realized by ArcMap10.6 software.

Results and Discussion. In general, ecological status was "good" at all sampling stations but Station III, where "moderate" status was recognised (Tab. 2).

Sensitive taxa representatives were not dominant at the studied stations. Moreover, only one representative of indicator group A (Blepharoceridae) was recorded (Station II), which shows that in general all studied parts were quite polluted (Tab. 2).

The analysis of abundancy/richness of benthic macroinvertebrates has indicated that 3 dominant taxa were registered at Station I, where Hydropsychidae and Baetidae representatives correspond to "tolerant taxa" (indicator group C) and Chironomidae to "very tolerant taxa" (indicator group D). From 5 dominant taxa registered at Station II only Ecdyonurus sp. of Heptageniidae caddisflies corresponds to "less sensitive taxa" (indicator group B). Only one dominant taxon was registered at Station III and it corresponds to indicator group C. 2 representatives of tolerant taxa were registered at Station IV. The smallest total number of animals (470 ind/m²) was also registered at Station III. Because spatial analyses didn't reveal any other driver of changes of ecological status in the Hrazdan River between Stations II and III the significant qualitative change in the composition of benthic fauna in such a small distance should be considered as a negative effect lead by processes taken place in Aghbyurak Dam like changes

in thermal and oxygenation conditions, nutrient composition of water, as well as alteration of hydrological regime of the Hrazdan River.

Table 2. Qualitative and quantitative structures of benthic community of the Hrazdan River

Higher taxa	Family	Indicator Group	St. I	St. II	St. III	St. IV
			N (Ind/m^2)	N (Ind/m^2)	N (Ind/m^2)	N (Ind/m^2)
Diptera	Simuliidae	C	11	1550*	11	22
Diptera	Chironomidae	D	193*	684*	96	11
Diptera	Blepharoceridae	A	0	23	0	0
Diptera	Tabanidae	C	0	0	0	4
Diptera	Tipulidae	B	7	0	4	0
Amphipoda	Gammaridae	C	0	0	4	504*
Oligochaeta		E	4	11	26	0
Coleoptera	Dytiscidae	C	4	0	0	0
Coleoptera	Elmidae	C	0	0	7	0
Ephemeroptera	Caenidae	C	30	0	15	0
Ephemeroptera	Baetidae	C	170*	1756*	293*	456*
Ephemeroptera	Ephemerellidae	B	0	0	0	15
Ephemeroptera	Heptageniidae	B	33	160*	0	0
Hirudinea	Glossiphoniidae	D	0	0	11	7
Hirudinea	Erpobdellidae	D	0	11	4	7
Hirudinea	Haemopidae	D	4	0	0	0
Trichoptera	Glossosomatidae	B	19	11	0	0
Trichoptera	Rhyacophilidae	B	0	0	0	7
Trichoptera	Hydropsychidae	C	111*	809*	0	0
Trichoptera	Limnephilidae	B	7	0	0	0
Isopoda	Asellidae	D	0	0	0	7
Tricladida	Dugesiidae	B	0	0	0	52
Gastropoda	Planorbidae	C	0	0	0	22
Total number of animals in 1 sqr m			593	5016	470	1115
Total number of taxa			12	9	10	12
RBA (%)			75	75	50	75

Note: * – Dominant taxa.

The negative effect of Aghbyurak Dam was obvious also according to the quantitative analysis. Jaccard Similarity Index was only 35 % between Stations II and III, but 50 % between Stations I and II and 60 % between Stations III and IV.

Based on the results of the present study it can be concluded that the negative effect of Aghbyurak Dam on ecological status of the Hrazdan River has a very limited spatial scale according to the structure of benthic community, and can be easily localized in case of better management of ecological flows from the reservoir.

REFERENCES

1. AQEM Manual. 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macro invertebrates, developed for the purpose of the water framework directive. 202 p.
2. Baxter R.M. Environmental effects of dams and impoundments // Annu. Rev. Ecol. Syst., 1977. 8. P. 255–283.
3. Bestimmungshilfen-Makrozoobenthos (1) 2001. LANUVArbeitsblatt 14, Landesamt fur Nutur, Unwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Auxiliary aid macrozoobenthos (1) LANUV Worksheet 14, State Agency for Nature, Collections and Protection of Consumer Rights of North Rhine-Westphalia, Germany
4. Brittain J.E. and L'Abee-Lund J.H. 1995. The environmental effects of dams and strategies for reducing their impact // Santbergen L. and Van Westen C. (eds.). Reservoirs in river basin development, Balkema, Rotterdam, 1995. P. 129–138.

5. Cheshmedjiev S. 2013. Rapid biological assessment (RBA) based on analysis of benthic macroinvertebrate communities // Environmental Protection of International River Basins Project, Hulla & Co. Human Dynamics KG. 22 p.
6. Concise Encyclopaedia of Bioinformatics & Computational Biology: Attwood T., Hancock J. (ed.), Zvelebil M. (ed.), 2nd Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2014. doi:10.1002/9780471650126.dob0956
7. EN ISO 10870:2012. Water quality – Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters. European Standard, Brussels. 36 p.
8. Lin Q. 2011. Influence of Dams on River Ecosystem and Its Countermeasures. Journal of Water Resource and Protection, 3(1), P. 60–66. doi: 10.4236/jwarp.2011.31007
9. Mnatsakanyan B.P. 2005. Water balance of Armenia. Yerevan, 2005. 16 p.
10. Poff N.L., Hart D.D. 2002. How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal // BioScience. 2002. 52. P. 659–668.
11. Taxonomie fur die Praxis. 2010. Bestimmungshilfen-macrozoobenthos (1), Recklinghausen. 189 p.
12. Ward J.V., Stanford J.A. 1979. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams // Ward J.V., Stanford J.A. (eds.). The ecology of regulated streams. Plenum Publishing Corporation, New York, 1979. P. 35–55.
13. Ward J.V. 1982. Ecological aspects of stream regulation: responses in downstream lotic reaches. Water Pollut. Manag. Rev. New Delhi, 1982. 2. P. 1–26.
14. Waringer J., Graf W. 2011. Atlas of Central European Trichoptera Larvae, 469 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ В ПОЛНОВОДНЫЙ 2018 ГОД В НАЧАЛЕ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА

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

Исследование зоопланктона Азовского моря и Таганрогского залива в 2018 г. было проведено в летний период (июнь и август). 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 118 мкм), фиксировались 10 %-ным раствором формальдегида до конечной концентрации 4 %. Одновременно на всех станциях выполнялось профилирование CTD-зондом. Измерялись температура, соленость воды и проводились метеонаблюдения. Обработка проб зоопланктона проводилась по стандартной методике [Абакумов, 1983]. Для определения видов зоопланктона использовались определители [Мордухай-Болтовской, 1968; Кутикова, 1970; Определитель... 2010 и др.], видовую принадлежность циклопоид осуществляли с использованием руководств [Шувалов, 1980; Nishida, 1985]. При определении видовой принадлежности Copepoda учитывался размерно-возрастной состав организмов.

Зоопланктон Азовского моря и Таганрогского залива в летний период 2018 г. исследовался дважды: в конце мая – начале июня и в конце августа. Был произведен полномасштабный отбор проб, охватывающий фактически всю акваторию моря (рис. 1). Количественные показатели зоопланктона этих двух съёмок имели существенные различия. Численность и биомасса зоопланктона в конце августа была на несколько порядков ниже, чем в начале августа (табл. 1). Такие низкие качественные и количественные показатели зоопланктонного сообщества в августе были связаны с интенсивным развитием гребневика *Mnemiopsis leidyi* [Agassiz, 1865]. Он массово встречался на всех станциях Таганрогского залива и Азовского моря.

Всего в Азовском море было зарегистрировано 19 видов мезо- и 12 меропланктонных организмов. В мезозоопланктоне были отмечены:

Rotifera (8 видов) – *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Synchaeta* sp., *Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783, *B. calyciflorus* Pallas, 1766, *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891), *Keratella tropica*;

Cladocera (4 вида) – *Podonevadne trigona* (Sars, 1897), *Cornigerius maeoticus* (Pengo, 1879), *Alona* sp., *Ceriodaphnia* sp.;

Calanoida (4 вида) – *Acartia tonsa* Dana, 1848, *Centropages kröyeri pontica* Karaw., 1895, *Calanipeda aquadulcis, Eurytemora affinis* (Poppe, 1880), *Heterocope caspia* Sars, 1897;

Cyclopoida (2 вида) – *Oithona davisae* Ferrari F.D. and Orsi, 1984, *Cyclops* sp.;

Harpacticoida (1 вид) – *Ectinosoma abrau* (Krischzagin, 1877).

В мероланктоне отмечены были Gastropoda veliger, ракушковый рак Ostracoda (*Euphilomedes interpuncta*), *Balanus improvisus larvae* Darvin, 1854, Bivalvia veliger, Polychaeta larvae, *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865), Ova pisces, Ova larvae, нематоды и мизиды.

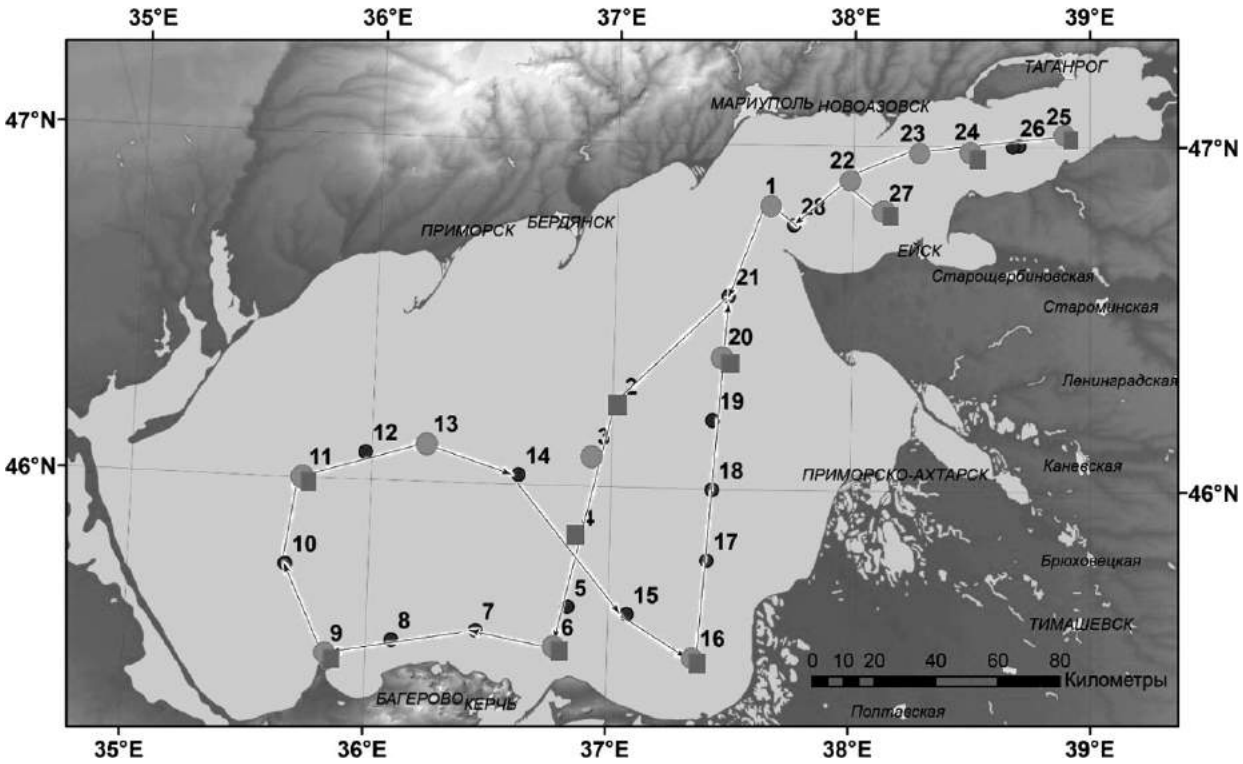


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб, выполненных на НИС «Денеб» в Азовском море и Таганрогском заливе 29 мая – 4 июня (*выделено квадратом*) и 21–30 августа (*выделено кругом*) в 2018 г.

Таблица 1. Показатели средней численности (экз./м³) и биомассы (мг/м³) зоопланктона в летний период в Азовском море и Таганрогском заливе в 2018 г.

	Азовское море		Таганрогский залив	
	Численность, экз./м³	Биомасса, мг/м³	Численность, экз./м³	Биомасса, мг/м³
Май – июнь	42578	309,323	124040	1175,8
август	1208	11,04	77716	222,73

Rotifera и Cladocera отмечены были в Азовском море только в июне и имели весьма низкие значения численности и биомассы. Средние значения численности и биомассы Rotifera составляли 182 экз./м³ и 2,13 мг/м³, Cladocera 104 экз./м³ и 5,22 мг/м³ соответственно. Copepoda имели 96 % численности и биомассы от всего мезозоопланктона. Среди них многочисленной была *Acartia tonsa,* представляющая обычно основную часть летнего зоопланктона Азовского моря. Максимальная её численность и биомасса была в июне на ст. 11 – 65656 экз./м³ и 759,597 мг/м³ соответственно. В среднем количественные показатели *Acartia tonsa* имели следующие значения: численность – 24205 экз./м³ (57 % от общей численности) и биомасса – 275,544 мг/м³ (89 % от общей биомассы).

Многолетняя динамика численности (экз./м³) и биомассы (мг/м³) мезозоопланктона Азовского моря в летний период в 2007–2018 гг. представлена на (рис. 2).

Вселенец *Oithona davisae,* достигающий обычно максимального развития в Азовском море в октябре – декабре, в исследуемый летний период имел значения численности в пределах 3–5555 экз./м³ и биомассы 0,012–22,22 мг/м³. Отмечен был преимущественно в центральной и южной частях моря. Присутствие яйценос-

ных самок и копеподитов свидетельствовали о благоприятных для него условиях развития. *Oithona davisae* в незначительных количествах, но регулярно наблюдалась нами за последние три года на акватории Азовского моря в летний период. Также в южной части Азовского моря на нескольких станциях в незначительных количествах была отмечена черноморская круглогодичная циклопоида *Oithona similis* Claus, 1863. Нахождение этих двух копепод (*Oithona davisae* и *Oithona similis*) можно объяснить меняющимися гидрологическими условиями Азовского моря.

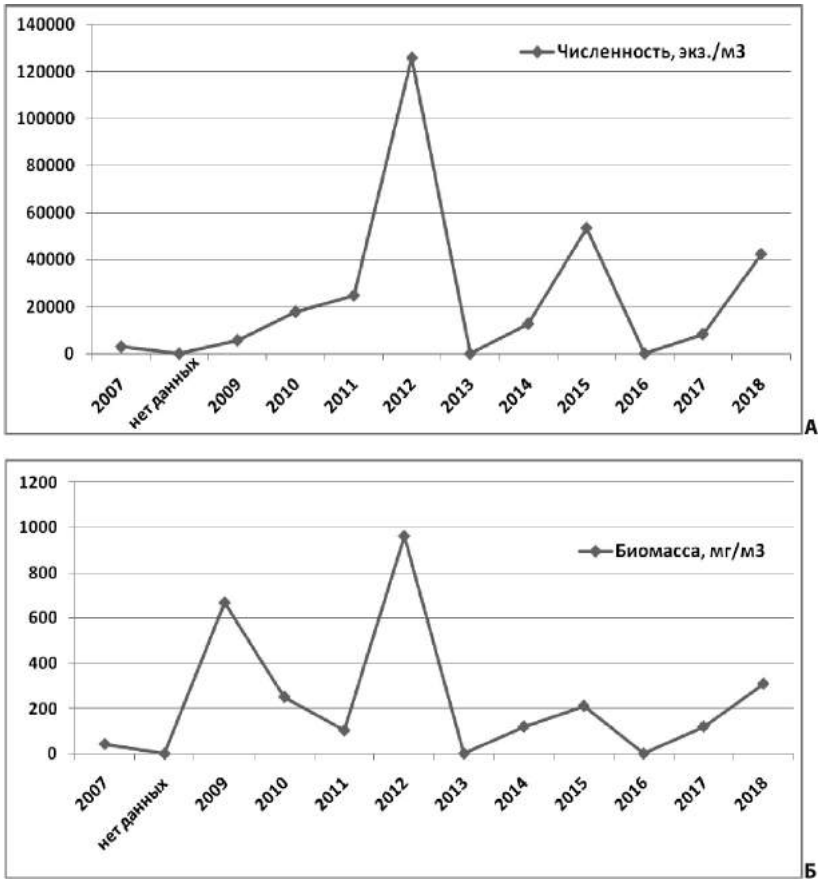


Рис. 2. Динамика численности (экз./м^3) (А) и биомассы (мг/м^3) (Б) мезозоопланктона Азовского моря в летний период 2007–2018 гг.

Так, по экспедиционным исследованиям ЮНЦ РАН в июне и августе 2018 г. основная акватория Азовского моря имела соленость 14 PSU и температуру 20–24 °С. В планктоне Азовского моря они встречаются временно, проникая через Керченский пролив. Общая численность зоопланктона колебалась в пределах 8095–121544 экз./м^3, составляя в среднем 42578 экз./м^3, биомасса 118,677–826,958 мг/м^3, в среднем 309,323 мг/м^3. Наибольшие количественные показатели зоопланктона наблюдались в западной и юго-западной части моря на ст. 11 и 9, наименьшие – в центральной части моря (ст. 4) и южной части (ст. 16) в районе Темрюкского залива.

В Таганрогском заливе в начале летнего сезона в июне также доминировали Copepoda: 80 % от общей численности зоопланктона, где *Acartia tonsa* составляла 47 % от всего зоопланктона в целом. А в августе наибольшего развития достигали Rotifera 88 % от общей средней численности и 50 % от общей средней биомассы всего зоопланктона, преимущественно в восточной части залива.

По полученным результатам дана оценка состояния зоопланктонного сообщества Азовского моря в полноводный период в 2018 г. в начале летнего сезона. Было установлено: зоопланктон представлен тремя основными группами: Rotifera (8 видов), Cladocera (4 вида) и Copepoda (7 видов), а также меропланктоном (12 таксонов); количественные характеристики зоопланктонного сообщества определяли Copepoda – 96 % численности от всего зоопланктона. Среди них многочисленной была *Acartia tonsa,* представляющая обычно основу летнего зоопланктона Азовского моря. В среднем количественные показатели *Acartia tonsa* в июне составляли 24 205 экз./м^3, максимальная её плотность – 65 656 экз./м^3 была в западной части моря (ст. 11), минимальная – 9601 экз./м^3 в центральной части на (ст. 4); в группах Rotifera и Cladocera отмечены были весьма низкие значения численности и составляли 2 % и 1 % от общей численности соответственно; общая численность зоопланктона изменялась в пределах 8 095–121 544 экз./м^3, составляя в среднем 42 578 экз./м^3. В меропланктоне в количе-

ственном отношении наиболее были представлены личинки балянуса, полихет, двухстворчатых и брюхоногих моллюсков.

Характеризуя развитие зоопланктона Азовского моря полноводного 2018 г. и маловодного 2015 г. в начале летнего периода, нами не было отмечено значимых различий количественных показателей и видового состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей. К.: Наукова думка, 1968, 1972. Т. 1–3.

Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Определитель. 104. Л.: Наука, 1970. 744 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.

Шувалов В.С. Веслоногие рачки-циклопоиды семейства Oithonidae Мирового океана. Л.: Наука, 1980. 196 с.

Nishida S. Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida) in the Pacific and Indian Oceans // Bulletin of the Jsean Research Institute / University of Tokyo. 1985. No. 20. P. 1–167.

СЕКЦИЯ 8

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

ПЛАМЕГАСИТЕЛЬ – УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТУШЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ

Т.В. Дзюба, М.Д. Кужлева
МАОУ лицей № 28, г. Таганрог
tat-ka13@yandex.ru

Пожар является неконтролируемым бедствием, которое наносит невосполнимый ущерб. На вооружение пожарных служб всех стран поступает всё больше новых технологий, основанных на понижении температуры горящего объекта ниже точки возгорания. Наиболее распространены изоляция очагов возгорания от поступления кислорода с помощью специальной пены или порошка, при нагревании которого выделяется газ, неспособный к возгоранию. Но на практике эти простые способы не всегда применимы. Ведь пена или порошок могут повредить окружающие объекты не меньше, чем огонь. Таким образом, актуален поиск новых способов борьбы с огнем. Изучение свойств электрических и магнитных полей привело к возникновению гипотезы о том, что эти поля могут оказывать влияние на пламя, отклоняя его и способствуя его гашению. Поэтому актуальной становится разработка новых эффективных способов управления пламенем и создание компактного средства для его отклонения. Для этого авторами были решены следующие прикладные задачи: теоретически установлено и экспериментально подтверждено, является ли пламя плазмой; изучены физические свойства пламени; рассмотрены существующие способы влияния на пламя; выявлено влияние магнитного и электрического полей на пламя; разработана модель установки, способной управлять пламенем. В процессе научного исследования были применены следующие методы: сравнительный анализ, социологический опрос, экспериментирование, моделирование, обобщение.

Еще в начале XX в. Дж. Дж. Томсон высказал гипотезу, что в пламени возникают электроны. Известно, если вещество нагревать, то при определенной температуре оно станет плазмой, распадаясь в дальнейшем на атомы. Затем атомы превратятся в ионы, т.е. образуется плазма. Плазма – это газ, в котором значительная часть атомов ионизирована. С точки зрения физики плазма – динамическая система, между заряженными частицами которой действуют силы Кулона, медленно убывающие с расстоянием. В плазме с легкостью проходят такие процессы, как колебания, или волны. Плазма является сверхпроводником, проводимость которой будет увеличиваться с ростом ионизации. Некоторые исследователи считают, что пламя – это низкотемпературная и очень слабо ионизированная плазма [2]. Чтобы выяснить, является ли пламя плазмой, был проведен простой опыт. В разрыв цепи, состоящей лишь из аккумулятора, лампочки и соединительных проводов, было внесено пламя свечи, температура которого около 890 °С (измерено термопарой). При внесении концов цепи в само пламя лампочка не горела. Это свидетельствовало о том, что огонь не является проводником электрического тока.

Таким образом, можно сделать вывод, что пламя свечи не является плазмой.

У каждого пламени есть три температурные зоны:

1. Внутренняя – самая низкая температура (метан 301–3500 °С, ацетилен 301–10000 °С, парафин – 7000 °С)
2. Внешняя – невидимая, имеет самую высокую температуру:
   (CHU) >15000 °С, (C_2H_2) >30000 °С, (H_2) >26000 °С, (парафина) >14000 °С.
3. Внутренняя часть состоит из паров (парафина, спирта, керосина).

По результатам социологического опроса, проведенного в социальной сети «ВКонтакте», установлено, что наиболее распространены тушение пламени водой, пеной или порошком. Акустическое воздействие также способно потушить огонь за несколько секунд. Но этот метод действует только на пламя горящего топлива.

Воздействие электрического поля на процесс горения исследовали А.Ф. Гаранин, П.К. Третьяков, А.В. Тупикин, Н.А. Исаев, Г.С. Столяренко, В.Н. Вязовик и др., выделявшие три вида воздействия электрической энергии на пламя: [2; 3; 4]

1. **Переход энергии электрического поля в тепловую.** Пламя с электрической точки зрения представляет собой сопротивление, при продольном прохождении через него электрического тока выделяется тепло.
2. **Прямое воздействие электрического поля на процесс горения.** В пламени при воздействии электрического поля увеличивается энергия электронов и создаются новые активные центры в виде свободных частиц, а также возрастает скорость горения смеси.
3. **Ионный ветер.** При повышении напряжения электростатического поля вблизи положительно заряженного электрода происходит ионизация воздуха. Появившиеся ионы стремятся к отрицательно заряженному электроду, захватывая с собой нейтральные частицы воздуха.

Чтобы выявить влияние на пламя магнитного и электрического полей, в ходе работы были проведены опыты с использованием постоянных магнитов, электрофорной машины, свечи, листа картона, заслоняющего пламя от воздушных потоков. Экспериментально установлено, что магнитное поля постоянных магнитов не оказывает влияния на пламя, но в электрическом поле высокого напряжения пламя свечи отклоняется. Наибольшее отклонение наблюдалось вблизи заряженного острия, так как из-за значительной плотности заряда на нем электрическое поле неоднородно и имеет большую напряженность. Нейтральные молекулы газов, входящих в состав конденсаторов электрофорной машины в поле высокой напряженности поляризуются и становятся диполями. Диполи поворачиваются и втягиваются в область большей напряженности, приближаясь к конденсатору. Коснувшись его, нейтральные молекулы приобретают одноименный с ним заряд, т. е. превращаются в положительные или отрицательные ионы. Сила отталкивания, действующая со стороны конденсатора на заряженные молекулы, значительно превышает силу притяжения нейтральных диполей к ней. Ионизованные молекулы в своем движении увлекают нейтральные молекулы газов, а если пламя небольшое, то «электрический ветер» способен даже погасить пламя.

К сожалению, тушение возгораний с помощью электрического поля будет эффективно в случае пожара на небольшом пространстве, например при возгорании внутри помещения, автомобиля, самолета или подводной лодки.

На основе отклонения пламени электрическим полем предложена модель устройства, которое сможет создавать «коридоры» в стене огня при больших пожарах, чтобы открывать вход пожарным и выход пострадавшим людям. Устройство-пламегаситель представляет собой заплечный ранец-огнетушитель для спасателей, внутри которого расположен усилитель, соединенный со стержнем-электродом. В онлайн-сервисе Tinkercad создана 3D-модель пламегасителя (рис. 1).

В состав устройства стоимостью 26 800 рублей и массой 5 кг входят: высоковольтный источник до 30 кВ, силиконовые пластины, аккумулятор GREENWORKS G80B2, электрод Fujikura ELCT1–25, корпус из стали. В ходе дальнейшей работы планируется создание устройства и его тестирование. Предполагается, что разрабатываемый пламегаситель сможет тушить пламя высотой 35–50 см.

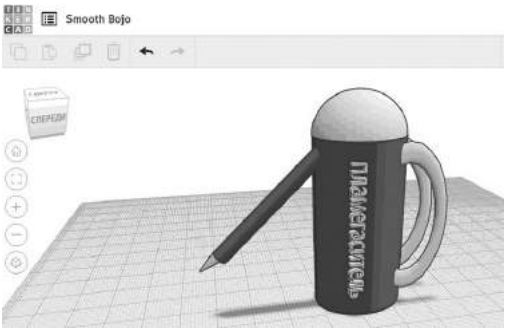


Рис. 1. 3D-модель пламегасителя

По мнению авторов, также возможно использование электрического поля в устройствах вроде водяных спринклеров. Только вместо воды новые огнетушители будут «разбрызгивать» во все стороны электрические поля. Предложенная авторами технология тушения пожаров позволит экономить пресную воду и тушить пожары издалека, что обезопасит пожарных и избавит их от транспортировки средств пожаротушения к месту пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев И.П., Дружинин В.П., Рожков И.Н. Электретный эффект: Учебно-методическое пособие. Оренбург: Изд-во ОГПИ, 1997.

2. Степанов Е.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. М.: Металлургия, 208 с.

3. Майер В. Электростатика: элементы учебной физики. Лекция 7. Проводники и диэлектрики в электрическом поле // Физика. № 23 (847), 1–15. 2007 [Электронный ресурс]. URL: http://fiz.1sep.ru/article.php?ID=200702308 (дата обращения 20.12.2018).

ДАТЧИК ГАЗА НА ОСНОВЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Т.В. Дзюба, М.В. Халиман
МАОУ лицей № 28, г. Таганрог
tat-ka13@yandex.ru

В России чрезвычайные ситуации, связанные со взрывами бытового газа в закрытых помещениях, не редкость. Ежегодно происходят десятки взрывов из-за утечек газа. Они не ограничиваются только пожарами, но также приводят к разрушению домов, обрушению целых этажей и подъездов жилых зданий. В целом эти ситуации являются результатом неисправности газового оборудования и человеческого фактора, который не подпадает под действие какого-либо нормативного документа. Изношенность оборудования, халатность и безответственность являются основными причинами таких трагедий. Их можно предотвратить благодаря введению более активной системы контроля утечки газа. Датчик газа обнаруживает увеличение концентрации газа в воздушном пространстве, быстро отправляет сигнал человеку, а также может отправить информацию об утечке в службу экстренной помощи, чтобы они могли быстро эвакуировать жителей. В современных устройствах для мониторинга окружающей среды и поддержания безопасной жизнедеятельности человека используются различные типы датчиков газа. Однако в контексте сложных техногенных ситуаций и террористических угроз требования к датчикам газа становятся выше (скорость реакции, стабильность, селективность, продолжительность и возможность автономной работы). Сравнительный анализ газовых датчиков, представленных на российском рынке, показал, что большинство из них имеют высокую стоимость и низкую чувствительность.

В работе был создан макет датчика газа на основе наноразмерных пленок, доказана его работоспособность и предложены способы его применения. Предварительно потребовалось изучить существующие принципы обнаружения газа, особенности и технологические процессы, необходимые для реализации проекта. Для создания сорбционного датчика газа было выполнено несколько технологических операций [1]:

– очистка подложки. В качестве подложки использовалась поликарбонатная диэлектрическая подложка (например, диоксид кремния и т. д.);
– напыление металлической пленки для последующего создания контактов;
– формирование рисунка электродов методом фотолитографии (нанесение фоторезиста, сушка, совмещение и экспонирование, проявление рисунка, задубливание фоторезиста, травление рисунка смесью азотной и плавиковой кислоты;
– напыление газочувствительного слоя и исследование наноразмерных пленок на максимальный отклик.

Газочувствительный слой напыляли в лаборатории через маску методом импульсного лазерного осаждения (ИЛО), в котором лазерное излучение используется для «выбивания» многокомпонентных материалов с поверхностных слоев мишени и нанесения их на подложку [2].

Для исследования газочувствительности полученных наноразмерных пленок ZnO был собран измерительный стенд, состоящий из герметичной кварцевой трубки, расположенного внутри измерительного столика, содержащего нагреватель и два зонда для определения сопротивления пленки. К столику прикреплена наноразмерная пленка ZnO газового сенсора, в процессе измерения контролировался поток газа, температура макета, скорость нагрева и охлаждения, сопротивление нанокристаллической пленки. На полупроводниковый сенсор, помещенный в реакционную камеру, подавали чистый воздух или воздух, содержащий анализируемые образцы газов. Исследовались газы: окись углерода (CO) в объеме 1–5 ppm и диоксид углерода (CO_2) при температуре 100 °C и 200 °C. Результаты измерений, полученные в ходе эксперимента, обрабатывались с помощью специального программного обеспечения Resistance-Time. Затем были построены графики, отражающий изменение сопротивления наноразмерной пленки под воздействием газа от времени.

В результате установлено, что максимальным откликом на 5 ppm CO, NO_2 обладает наноразмерная пленка ZnO.

Разработанный макет датчика был протестирован на базе НОЦ «Нанотехнологии» ЮФУ на специальном стенде, состоящем из

– герметичной камеры, в которую запускается газ,
– мультиметров, которые снимают показания с датчика,
– подложки, на которой закрепляется сам датчик.

В качестве газа был выбран CO как наиболее распространенный и опасный газ в бытовых условиях. Датчик был помещен в камеру, и начальное сопротивление было зарегистрировано. Затем в камеру датчика была добавлена модификация. Изменение произошло из-за поглощения газа в газочувствительном слое. Экспери-

ментальные исследования показали, что при попадании CO на сенсор происходит уменьшение сопротивления макета в 4 раза, что позволяет обнаружить этот газ в воздухе.

В результате проведенной работы и испытаний в лаборатории ИНЭП ЮФУ

1) изучены основные принципы обнаружения газа, используемые для обеспечения безопасности людей;
2) обнаружено, что датчики газа резистивного типа являются наиболее перспективными, энергетически эффективными и самыми дешевыми;
3) изучены и применены технологические процессы магнетронного распыления, фотолитографии, импульсного лазерного осаждения;
4) создан макет и проведены экспериментальные исследования чувствительности датчика газа;
5) экспериментально доказана высокая по сравнению с существующими датчиками чувствительность датчика на основе наноразмерных пленок к самому опасному для жизни газу CO.

Предлагаемый авторами метод использования наноразмерных пленок позволит повысить чувствительность, селективность и стабильность рабочих характеристик датчиков и уменьшить потребление энергии.

Датчик газа на основе наноразмерных пленок может найти применение от использования в промышленных масштабах на предприятиях до применения в домашних условиях для контроля количества углекислого газа в домах, теплицах, автомобилях, подземных гаражах и парковках.

Продолжением данной работы станет исследование чувствительности датчика к другим видам газов и разработка технологии распознавания датчиком химического состава обнаруженного газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых газовых сенсоров: монография. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 112 с.

2. Газовый датчик сорбционного типа на поверхностных акустических волнах, чувствительный к тепловым свойствам газов [Электронный ресурс]. URL: http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/40330 (дата обращения 18.10.2018).

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСЕННИХ ТРАВЯНЫХ ПАЛОВ В ДЕЛЬТЕ ДОНА ЗА ПЕРИОД 1991–2001 гг.

П.А. Украинский
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
pa.ukrainski@gmail.com

Травяные палы – это существенный фактор в жизни травяных экосистем. Они влияют на растительность, животный мир и почвенный покров. Мониторинг палов и исследование их распространения – одно из важных направлений дистанционного (аэрокосмического) мониторинга.

Космические снимки активно используются для изучения палов в степях Евразии, саваннах и пампе Южной Америки, саваннах Африки, прериях Северной Америки. Речные дельты – это редко исследуемый объект в работах по дистанционному мониторингу травяных палов. На сегодняшний день существует лишь несколько крупных исследований, где бы космический мониторинг пирогенного воздействия на растительность дельт был основной и самодостаточной научной целью. Это изучение пожаров в плавнях дельты Днестра [Мединец, Корзун, 2011], в дельте Окванго [Cassidy, 2007], в дельте Параны [Salvia et al., 2012]. Нами запланировано дешифрирование всех палов в дельте Дона – как осенних, так и весенних, прошедших с 1985 по 2019 г. К настоящему времени эта задача еще в процессе выполнения. Полностью дешифрирование было проведено для осенних снимков за период 1991–2001 гг. Здесь мы приводим первые полученные результаты.

Граница участка исследования определена следующим образом. Северная граница идет с запада на восток, от впадения Мертвого Донца в Таганрогский залив по руслу до моста, по которому трасса М-4 пересекает реку Дон (перед Аксаем). Восточная граница проходит с севера на юг по трассе М-4 до г. Батайска. Южная граница огибает Батайск с севера и идет на запад по автодороге до г. Азова, огибает его с севера и идет на запад по автодороге на с. Кагальник. Западная граница проходит по переднему краю дельты Дона. Таким образом, участок исследования

охватывает всю дельту Дона и территорию между Койсугом и Доном. Кроме этого в участок исследования была включена долина реки Кагальник, расположенная к западу от автодороги Азов – Пешково (см. рис. 1).

Период палов приходится на время, когда травянистая растительность находится в сухом состоянии. В дельте Дона это период состоит из двух частей – осеней и весенней. Пожароопасный сезон был с долей условности определен как период с 1 августа по 30 ноября. На начало этого периода гари в дельте еще отсутствуют. В начале весны часть дельты уже выгорела. И чтобы дешифрировать весенние палы, необходимо иметь картину распространения осенних палов. Поэтому работы по дешифрированию палов было решено начинать со снимков осеннего периода съемки.

Для дешифрирования палов использовались в основном снимки со спутников Landsat-5 TM, которые хорошо зарекомендовали себя для дешифрирования травяных гарей [Мячина, Павлейчик, 2017]. По ним дешифрировались палы для всех лет, кроме 1996, 1999 и 2000 гг., для которых не удалось подобрать осенние снимки со спутника Landsat-5 TM. Для 1999–2001 гг. использовались снимки со спутника Landsat-7 ETM+. Все снимки получены из веб-архива данных дистанционного зондирования, размещенного на сайте glovis.usgs.gov. Выгоревшие территории дешифрировались визуально и векторизовались в программе ArcGIS. В качестве основного дешифровочного признака использовался цвет изображения в комбинации каналов Landsat 7: 5: 3. Цвет меняется от темно-бордового (у свежих гарей) до темно-коричневого (старые гари). В ряде случаев съемка совпадает с моментом возгорания и на снимках видно пламя, которое имеет желтый или ярко-оранжевый цвет [Украинский, 2013].

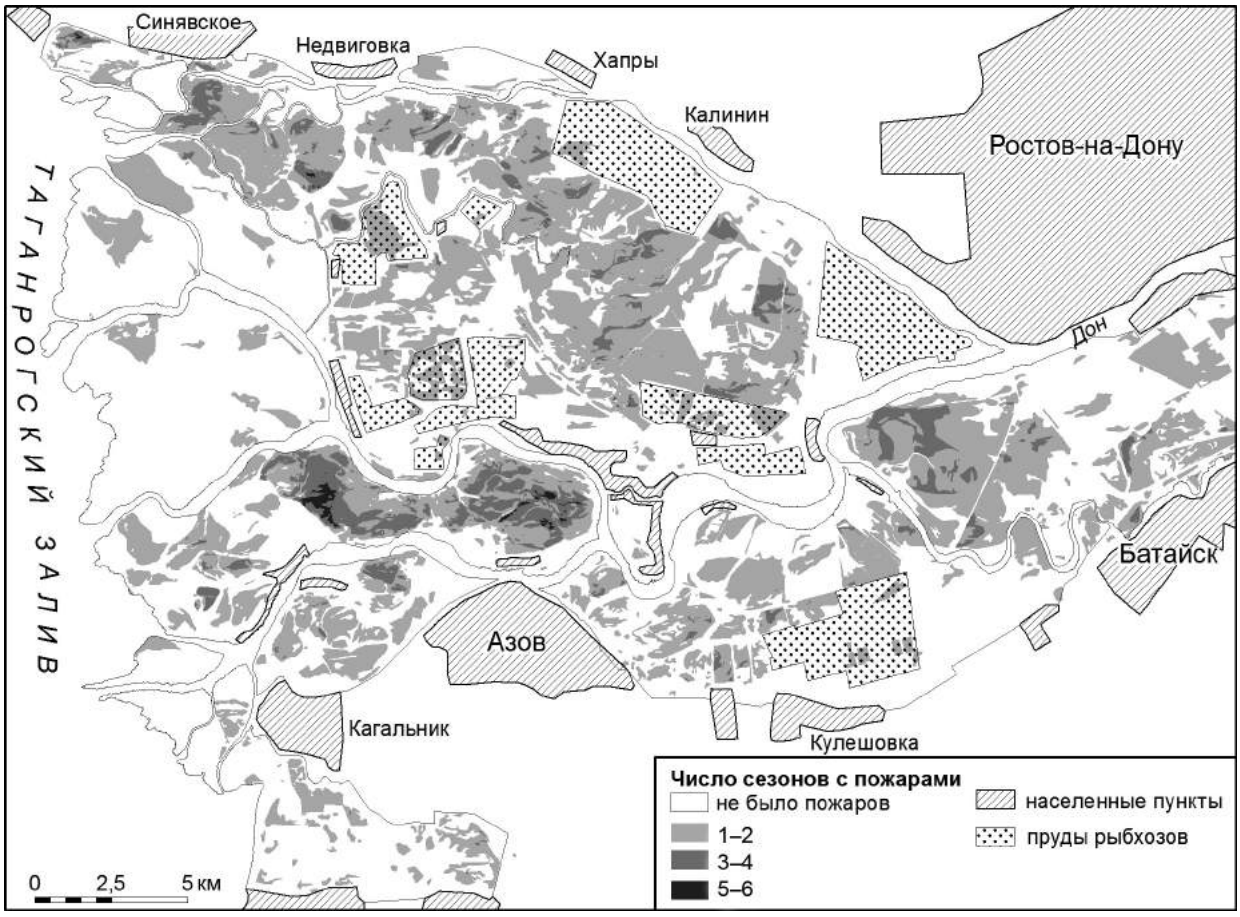


Рис. 1. Количество палов за 1991–2001 гг.

Дельта Дона попадает в две перекрывающиеся сцены съемки Landsat, которые снимаются с соседних витков (в системе WRS-2 эти сцены имеют номера path/row 175/27 и 174/27). Это увеличивает потенциально доступное количество снимков. Уменьшают это количество погодные условия (облачность). В итоге для осенних сезонов 1991–2001 гг. подобрано и обработано 24 снимка. По годам количество снимков колеблется от 1 до 8.

В таблице 1 приведены сведения о временном охвате подобранных серий снимков. Он рассчитан как количество дней, прошедшее между датами съемки первого и последнего снимка. Охваченная часть пожаро-

опасного сезона оценена как время, прошедшее с 1 августа по последнюю дату съемки. Предполагается, что все гари, появившиеся между 1 августа и последней датой съемки, можно распознать на космических снимках. Для осеннего периода это можно утверждать с бóльшей уверенностью, чем для весеннего. Зарастание гарей осенью не столь интенсивно, как весной.

Неохваченная часть пожароопасного сезона рассчитана как время, прошедшее между последней датой съемки и 1 декабря. О палах, возникших в этот период, сведения отсутствуют. То есть чем длиннее неохваченный период, тем потенциально больше занижение площади, пройденной палами.

Таблица 1. Временной охват серий снимков и дешифрированная площадь гарей

Год	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Количество снимков	2	1	1	3	1	–	1	2	8	2	3
Число дней между съемками	26	1	2	46	1	–	1	24	97	16	40
Охваченная часть сезона, дней	57	43	85	72	27	–	48	51	103	112	51
Неохваченная часть сезона, дней	65	79	37	50	95	–	74	71	19	10	71
Площадь гарей, га	2060	239	196	4902	235	–	25	9103	8902	4511	2991

Площадь, пройденная палами в различные годы, показана в таблице 1. Между обеспеченностью снимками и площадью дешифрированных гарей обнаружена следующая зависимость. Чем больше время между датами первого и последнего снимка, тем выше площадь гарей (коэффициент корреляции Спирмена $\rho = 0{,}76$ при $p = 0{,}01$). Чем больше количество снимков, тем больше площадь гарей (коэффициент корреляции Спирмена $\rho = 0{,}81$ при $p = 0{,}005$). Такая зависимость заставляет подозревать, что в те годы, для которых имелся только один снимок, мы получили сильно заниженную площадь гарей.

На рисунке 1 показано количество сезонов, в которые прогорали разные участки растительности в дельте Дона.

За исследованный десятилетний период максимальная повторяемость палов в одном месте составляет шесть сезонов. Нет территорий, которые бы выгорали каждый год. Для каждого конкретного участка наблюдается чередование годов с пожарами и без.

Несмотря на вероятный недоучет площади гарей в отдельные годы, полученная картина их распространения не выглядит хаотичной. В ней просматриваются определенные пространственные закономерности. Места возникновения осенних палов чаще всего приурочены к участкам, которые часто посещаются человеком – окрестностям населенных пунктов, дорогам, окрестностям прудов рыбных хозяйств. В целом, восточная часть дельты Дона выгорает чаще, чем западная. Но на этом фоне есть участок, где палы в 1991–2001 гг. происходили особенно часто – это территория между Доном и рукавом Каланча до его разделения на гирло Мокрая Каланча и гирло Большая Кутерьма. Здесь расположен один из крупных населенных пунктов внутри дельты Дона – Задонье.

Меньше всего палов наблюдается на участках у западного края дельты. Это острова между гирлом Мокрая Каланча, гирлом Большая Кутерьма, гирлом Средняя Кутерьма и ериком Лагутник. Эти территории либо удалены от населенных пунктов, либо отделены от них широкими водными преградами. Через них не проходят автомобильные дороги. Кроме того, здесь множество проток, которые мешают распространению огня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мединец В.И., Корзун Т.В. Использование космических снимков для оценки площадей следов пожаров в дельте Днестра в 2007 г. // Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологія міст та рекреаційних зон»: Тези доповідей. Одеса: ІНВАЦ, 2011. С. 154–157.

2. Мячина К.В., Павлейчик В.М. Опыт анализа гарей в степных районах Южного Предуралья на основе изображений спутника Landsat // Известия Оренбургского отделения Русского географического общества. 2017. № 9. С. 45–52.

3. Украинский П.А. Динамика спектральных свойств зарастающих травяных гарей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 4. С. 229–238.

4. Cassidy L. Mapping the annual area burned in the wetlands of the Okavango panhandle using a hierarchical classification approach // Wetlands Ecology and Management. 2007. V. 15. №. 4. P. 253–268.

5. Salvia M., Ceballos D., Grings F., Karszenbaum H., & Kandus P. Post-fire effects in wetland environments: Landscape assessment of plant coverage and soil recovery in the Paraná River delta marshes, Argentina // Fire Ecology. 2012. V. 8. №. 2. P. 17–37.

СЕКЦИЯ 9

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКРОЗООБЕНТОСА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ В ДЕЛЬТЕ ДОНА

Н.И. Булышева[1], Е.А. Варченко[2]
[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Геленджикский центр климатических испытаний им. Г.В. Акимова ВИАМ, г. Геленджик
bulysheva@mail.ru

Проблема коррозии судов и техники, используемой в воде, стоит достаточно остро. Действие коррозии существенно снижает безопасность эксплуатации оборудования и технических конструкций, приводя к более частому выходу их из строя, и тем самым наносит большой урон промышленной безопасности. Коррозия материалов тесно связана с обрастанием, зачастую многократно увеличивающим ее скорость и степень повреждения судов и портовых сооружений. Потери от коррозии и обрастания по некоторым данным превышают десятки млрд долл. США в год [Протасов, 2001]. Среди всех типов обрастания наибольшим видовым разнообразием и возможностью образовывать значительную биомассу характеризуется прибрежное обрастание, исследование которого наиболее важно, поскольку именно в прибрежных районах Мирового океана сосредоточена основная часть субстратов антропогенного происхождения [Карпов и др., 2007]. На юге России весьма актуален вопрос исследования биообрастания в устьевой области Дона и восточной части Таганрогского залива. Этот район хорошо освоен морехозяйственной деятельностью. Через порты Приазовья (Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог) ежегодно проходит более 40 % российского экспорта зерновых [http://don2035.mineconomikiro.ru/index.php#paragraph4, 12.03.2018]. Данная акватория характеризуется особой сложностью протекающих здесь гидрологических процессов. Определяющее влияние на гидрологический режим дельты и взморья оказывают сгонно-нагонные явления. В Таганрогском заливе Азовского моря и устьевой области реки в настоящее время характерно сложное сочетание пресных, слабосолоноватых и солоноватых вод: формируются шесть основных типов водных масс [Матишов и др., 2016; Матишов, Григоренко, 2017].

Начиная с 2018 г. ЮНЦ РАН совместно с ГЦКИ ВИАМ в дельте и устьевом взморье Дона проводятся натурные испытания металлических материалов в условиях естественного воздействия климатических и биологических факторов. Одной из основных задач работы является оценка коррозионной и биологической стойкости экспонируемых материалов, включающей определение динамики оседания организмов-обрастателей.

Как правило, наиболее доступным, информативным и широко распространенным методом изучения процесса обрастания являются стендовые испытания с использованием экспериментальных образцов-пластин [Звягинцев и др., 2004]. В районе стационаров ЮНЦ РАН – БНЭБ «Кагальник» (станция 1) и гидрометеопоста «Донской» (станция 2) – на глубине 2 м были установлены экспериментальные пластины площадью 15×15 см, изготовленные 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). Параметры воздушной и водной среды фиксировались в автоматическом режиме с дискретностью 10 мин. Планируемая длительность эксперимента – 30 месяцев, начало – декабрь 2018 г. В работе представлены результаты первых трех месяцев экспозиции экспериментальных пластин.

Для исследования формирования сообществ обрастания с пластин отбирали пробы оброста нарастающего срока экспозиции: 1 мес., 3 мес. и т. д. Пробы оброста обрабатывали в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками. Одновременно со съемом экспериментальных пластин осуществлялся отбор проб макрозообентоса дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,033 м^2 в трех повторностях на каждой

станции. Во время отбора проб отмечалось наполнение дночерпателя и производилось описание грунта. Животные отмывались от грунта методом флотации и процеживания через бентосный мешок (газ № 14). Крупные моллюски, олигохеты, ракообразные отделялись от грунта пинцетом. Фиксация проб проводилась 4 %-ным раствором формалина [Руководство … 1983].

По данным наблюдений ЮНЦ РАН температура воды в придонном слое в период исследований варьировала от 0 до +5˚ С. Ледостав из тонкого льда наблюдался 18–25 декабря 2018 г. и 8–28 января 2019 г. В феврале образование льда отмечено 25 февраля 2019 г. (неполный ледостав), с 26 февраля по 1 марта – ледовые явления в виде приносного льда, заберегов.

По многолетним наблюдениям Е.М. Парталы [Парталы, 2013], в Азовском море на субстрате, выставленном в водоем в зимний, ранневесенний и позднеосенний периоды, оброст состоит из бактерий и водорослей, преимущественно диатомовых, макрообрастания отсутствуют.

По нашим данным, при экспозиции 1 месяц организмы-обрастатели отсутствуют, но на образце 30ХГСА на обеих станциях отмечены представители макрозообентоса. По истечении срока экспозиции 3 месяца донные беспозвоночные на станции 1 (Кагальник) наблюдались также только на пластине 30ХГСА, среди них обнаружены единичные особи двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*, формирующего друзовые сообщества в дельте Дона и кутовой части Таганрогского залива. На станции 2 (Донской) организмы макрозообентоса зарегистрированы на всех пластинах кроме контрольных (рис. 1). На пластине Д16 также отмечены единичные особи *D. polymorpha*.

Численность зообентоса на станции 1 на пластинах при сроке экспонирования 1 месяц составила 44 экз/м^2, при сроке экспонирования 3 месяца – 178 экз/м^2. После месячного экспонирования на ст. 2 численность составила 133 экз/м^2, при сроке экспонирования 3 месяца численность колебалась от 44 до 133 экз/м^2 (рис. 1).

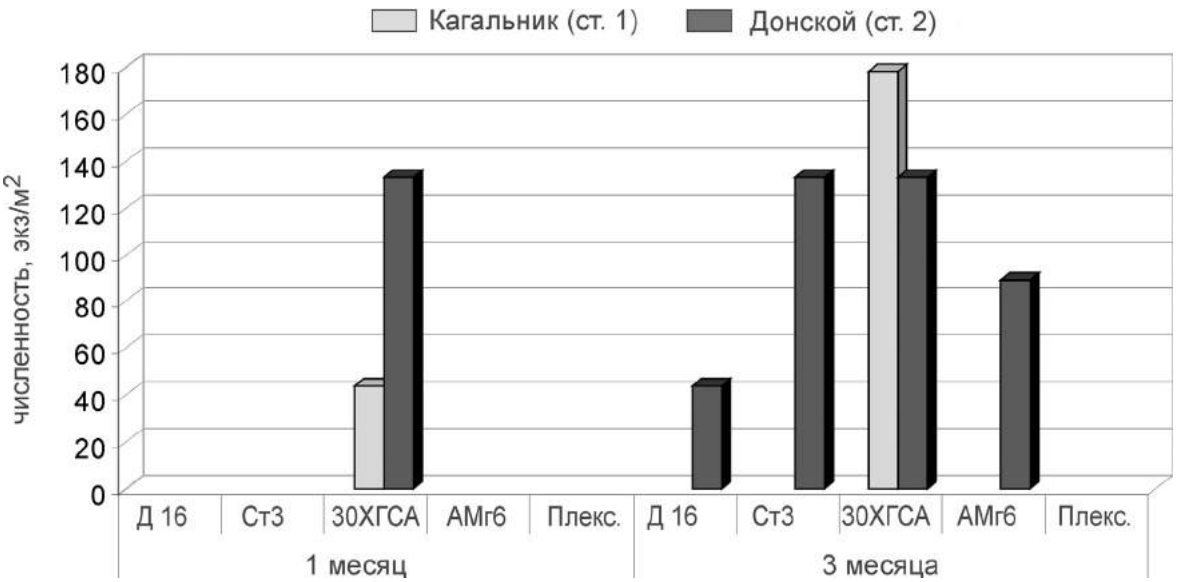


Рис. 1. Численность макробеспозвоночных на экспериментальных пластинах

По завершении месячного экспонирования на пластинах на ст. 1 отмечено 2 таксона макрозообентоса *(Pontogammarus (Obesogammarus) crassus, Chironomus cf. plumosus)*, на ст. 2–1 таксон *(C. plumosus)*. После трех месяцев экспонирования на ст. 1 выявлено 3 таксона *(Enoplida, P. crassus, D. polymorpha)* на ст. 2 число таксонов на пластинах колебалось от 1 до 4, всего зарегистрировано 5 таксонов *(Enoplida, Tubifex tubifex, P. crassus, C. plumosus, Hydrobia acuta)*.

В пробах макрозообентоса, отобранных в период снятия образцов после месячной экспозиции, на станции 1 отмечено 4 таксона донных беспозвоночных *(T. tubifex, P. crassus, C. plumosus, Ceratopogonida)*, общая численность составила 559 экз/м^2, после трех месяцев экспозиции – 6 таксонов *(T. tubifex, Viviparus viviparus, D. polymorpha, P. crassus, C. plumosus, Ceratopogonida)*, численность – 2016 экз/м^2. На ст. 2 после месячной экспозиции в пробах отмечено 5 таксонов макробеспозвоночных (*Anisakidae* (паразиты рыб), *T. tubifex, Streblospio gynobranchiata, Marenzelleria neglecta, P. crassus)*, численность – 3116 экз/м^2, после трехмесячной экспозиции – 8 таксонов *(T. tubifex, S. gynobranchiata, M. neglecta, P. crassus, V. viviparus, H. acuta, D. polymorpha, C. plumosus)*, численность – 2528 экз/м^2.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-29-05078 мк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягинцев А.Ю., Корн О.М., Куликова В.А. Сезонная динамика пелагических личинок и оседание организмов-обрастателей в условиях термального загрязнения // Биология моря. 2004. Т. 30. № 4. С. 296–307.

2. Карпов В.А., Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П., Ильин И.Н. Комплексный подход к защите от морского обрастания и коррозии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 154 с.

3. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Причины осолонения Таганрогского залива // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477. № 1. С. 92–96.

4. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Ясакова О.Н. Аномальное осолонение в Таганрогском эстуарии и дельте Дона // Наука Юга России (Вестник Южного научного центра). 2016. Т. 12. № 1. С. 43–50.

5. Парталы Е.М. Обрастание как индикатор изменений в экосистеме Азовского моря // Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 49. № 4. С. 33–35.

6. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Экономика и финансы, 2001. 688 с.

7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.

ЛАЗЕРНЫЙ МОНИТОРИНГ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

В.В. Дьяченко, В.Г. Шеманин
Новороссийский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО КубГТУ, г. Новороссийск
v-v-d@mail.ru, vshemanin@mail.ru

В настоящее время приоритетность воздушного фактора в глобальном загрязнении биосферы не подвергается сомнению. Атмосферный канал делает загрязнение всепроникающим и наиболее опасным для здоровья людей. Сравнительно недавно были введены экологические нормативы PM 2,5 и pM 10, подтверждающие опасность аэрозольного загрязнения и признающие важной проблему контроля его дисперсного состава. Безусловно, важны и другие характеристики, пока еще остающиеся за пределами экологического нормирования (удельный вес, минеральный и химический состав и т. д.) [Дьяченко и др., 2012а]. Учитывая, что более 90 % массы веществ переносится в атмосфере на высоте до 1,5–2 км, необходимо изучение химического и дисперсного состава аэрозолей атмосферного пограничного слоя (АПС). Но для борьбы с аэральным загрязнением в первую очередь важен мониторинг процессов в реальном времени с высоким пространственно-временным разрешением. Этим требованиям отвечают только лазерные методы дистанционного зондирования аэрозолей [Дьяченко и др., 2005; Привалов и др., 2013].

Доля техногенного аэрозоля в атмосфере, как правило, меньше природного, но техногенный по химическому составу значительно разнообразней и опасней. Дальность распространения газопылевых выбросов в большой степени определяется дисперсным составом аэрозоля. Тонкодисперсные частицы являются носителями тяжелых металлов как изначально, так и сорбируя на своей поверхности химические элементы, находящиеся в атмосфере (в том числе в парогазовой форме). Выявление источников формирования аэрозолей поможет защитить человека от крайне опасного вида и способа доставки загрязнения. Поэтому целью настоящей работы является обоснование метода лазерного зондирования аэрозольных потоков, который позволит измерять функцию распределения частиц по размерам (ФРЧ) в режиме реального времени с одновременным определением скорости их переноса и концентрации в самых различных условиях.

Определение параметров аэрозолей осуществляется благодаря одновременному использованию в установке не менее трех длин волн, что позволяет определять ФРЧ и морфологию частиц [Дьяченко и др., 2012б; Дьяченко и др., 2014]. Для этого применяется лидар дифференциального ослабления и рассеяния на основе лазера на парах стронция с излучением в диапазоне от 0,4 до 6,45 мкм с одним приемным телескопом типа Ньютона и синхронным детектированием лидарных сигналов одним фотоприемником. Алгоритм обработки сигналов математически обоснован и экспериментально проверен в ряде работ [Дьяченко и др., 2008; Дьяченко и др., 2014]. По этому алгоритму экспериментально определяется средний объемно-поверхностный диаметр

аэрозольных частиц d_{32}, по которому рассчитываются параметры ФРЧ для конкретного аэрозольного потока [Привалов и др., 2014; Чартий и др., 2016; Веденин и др., 2017].

В основе лазерного мониторинга лежит принцип распределенного размещения в пространстве лазерных систем, информация от которых поступает в единый центр обработки данных. Это необходимо для крупного города, поскольку особенности рельефа, различные типы застройки, морфология населенного пункта или промышленных объектов, неодинаковая высота размещения возможных источников загрязнения и коммуникаций затрудняют зондирование атмосферы над большой территорией из одной точки и снижают пространственно-временное разрешение системы.

Каждая лазерная система представляет собой платформу с возможностью кругового или секторного перемещения приемного телескопа вместе с лазером и изменения угла места для сканирования атмосферы над горизонтом [Дьяченко и др., 2008; Чартий и др., 2014]. На платформе диаметром около 1 м размещается лазер и приемный телескоп на опорно-поворотном устройстве. Работа такой системы основана на лидарном принципе дистанционного зондирования пространства с шагом по расстоянию не менее 7,5 м вдоль лазерного луча (время измерения 50 нс) и поперечным сечением, равным полю зрения приемного телескопа (диаметр около 100 мм). Рассеянное из этого объема лазерное излучение собирается приемным телескопом и через спектроанализатор поступает на фотоприемник, электрический сигнал с которого обрабатывается микропроцессорной измерительной системой, работающей на линии с ПК. Информация со всех установок в непрерывном режиме поступает в единый центр обработки данных по Интернет-каналу с возможностью дублирования передачи сигнала по другим каналам коммуникации.

Влияние метеоусловий заключается в уменьшении прозрачности атмосферы на длине волны лазерного излучения во время тумана, дождя или снегопада, что ограничивает дальность зондирования. Однако в таких условиях интенсивность загрязнения АПС подавляется естественным образом. Безопасность источника лазерного излучения обеспечивается расширением лазерного луча с помощью передающего телескопа до допустимой плотности энергии в поперечном сечении пучка и не представляет опасности при случайном попадании в поле зрения человека

Для комплексного мониторинга можно объединить на одной платформе описанный выше лидар с аэрозольным лидаром для контроля концентрации аэрозольных частиц в АПС или, например, с лидаром комбинационного рассеяния света для мониторинга выбросов в атмосферу углеводородов или других компонентов [Privalov, Shemanin, 1998]. Подобная система мониторинга может работать в заданном алгоритме круглосуточно, изменяя периодичность замеров и угол места для сканирования над горизонтом, измеряя параметры аэрозольного загрязнения АПС и формируя объемную модель загрязнения, отслеживая траекторию перемещения «облака» загрязнения, благодаря последовательной передаче наблюдения (или совмещения) от одной установки к другой. Вследствие большой дальности (до 6 км) и высокой точности (порядка 10 м) данная система позволит оперативно определить место и время аварийного выброса, визуализировать динамику формирования «облака» загрязнения, своевременно принять меры по ликвидации аварии, локализации загрязнения и оповестить о его масштабах, скорости перемещения и зоне влияния. Об актуальности данной проблемы свидетельствуют московские события в ноябре 2014 г. и начале 2017 г., когда выбросы сероводорода и других загрязняющих веществ превысили ПДК в 20–30 раз, накрыли несколько районов, а виновник загрязнения так и не был установлен.

Востребованность данных лазерных систем мониторинга определяется не только вероятностью возникновения аварийных ситуаций. Как показывает опыт наблюдений, реальный уровень и токсичность загрязнения воздуха городов значительно выше, нежели средние статистические данные. Природоохранные органы часто лукавят, используя для оценки состояния воздуха более высокие максимально разовые ПДК. Например, исследования состояния атмосферного воздуха Новороссийска, длившиеся в течение двух лет, с мониторингом каждые три часа свидетельствуют, что высокий уровень загрязнения формируется уже в 7 часов утра и практически не меняется до 23 часов [Дьяченко и др., 2012а]. Поэтому результаты оперативного мониторинга в дневное и вечернее время можно смело сравнивать со среднесуточными ПДК. Но в таком случае количество аномальных проб по каким-то веществам повысится в несколько раз, а по каким-то и на порядок.

Работа лазерной системы мониторинга АПС дает возможность не только выявлять и отслеживать чрезвычайные ситуации, но и определять состав и объемы загрязнения, предприятия, которые нарушают природоохранное законодательство, превышая нормативы выбросов и не доплачивая за негативное воздействие на окружающую среду, что позволит привлечь к ответственности виновников сверхлимитного загрязнения. В связи с этим особую актуальность имеет изучение загрязнения АПС при неблагоприятных для рассеивания аэрозольного загрязнения метеорологических условиях (НМУ) – инверсиях в атмосфере, слабом морском бризе, запирающем загрязнение в бухте и др.

В Краснодарском крае система мониторинга АПС актуальна для Краснодара и особенно Новороссийска, обеспечивающего до 25 % выбросов стационарных источников всего края и основной прирост загрязнения в течение последних 15 лет. Более 70 % массы загрязнения воздуха в Новороссийске формируют аэрозоли цементных заводов, а его токсичность определяют формальдегид и различные углеводороды. Количество только организованных выбросов этих веществ не менее десятка и покрывают они всю территорию городского округа. К этому необходимо добавить транзитный сухопутный и водный транспорт (более 5000 судозаходов в год) и становится понятным, почему еще недавно Новороссийск регулярно фигурировал среди 20 городов России с самой загрязненной атмосферой, а по итогам 2011 г. занимал первое место в РФ по величине индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) – основного нормативного показателя состояния атмосферы.

Использование предлагаемой лазерной системы мониторинга на предприятиях позволит повысить экологическую безопасность и эксплуатационную эффективность пылеулавливания путем создания системы оперативного обнаружения неисправности пылегазоочистных установок [Чартий и др., 2016]. В этом случае лазерная система может вести наблюдение за дисперсным составом и объемом выбросов, прошедших пылегазоочистные установки. Это дает возможность контролировать качество очистки, выявлять отказ оборудования на ранней стадии (например, возникновение прорыва фильтровальных элементов рукавного фильтра), своевременно выключать систему или переключать аэродисперсный поток на другую установку и таким образом предотвратить сверхнормативное загрязнение и потерю сырья.

Таким образом, моделирование и лабораторные исследования показали, что предлагаемая лазерная система мониторинга в различном аппаратном оформлении позволяет определить ФРЧ в плотных техногенных потоках, контролируя качество работы пылеулавливающего оборудования [Дьяченко и др., 2014; Чартий и др., 2016] и уровень загрязнения воздуха на рабочем месте, а также в АПС над предприятием или промышленным районом в целом [Дьяченко и др., 2008; Веденин и др., 2017]. В результате появляется возможность раннего обнаружения и предотвращения чрезвычайных ситуаций, а также сопряженного управления технологическими процессами (например, механической активацией частиц и аспирацией воздуха) и качеством окружающей среды [Дьяченко и др., 2008; Чартий и др., 2014]. Актуальность предлагаемой лазерной системы мониторинга и оценки аэрозольного загрязнения определяется Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» и распоряжением правительства РФ 13.03.2019 об оснащении автоматическими средствами измерения и передачи информации о выбросах загрязняющих веществ в Госреестр стационарных источников. К таковым, например, относятся и использующиеся в Новороссийске «печи вращающиеся по производству клинкера цементного с проектной мощностью 500 т в сутки и более» (пункт 11).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 19-42-230004, 19-45-230009 и основной части Госзадания Министерства образования и науки РФ, задание № 5.7721.2017/БЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко В.В., Матасова И.Ю., Роговский В.В. Проблемы техногенного преобразования ландшафтов Российского Причерноморья // Безопасность в техносфере. 2012. № 5. С. 30–36.

2. Привалов В.Е., Фотиади А.Э., Шеманин В.Г. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 288 с.

3. Дьяченко В.В., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Исследование дисперсного состава приземного атмосферного аэрозоля оптическими методами // ЛАЗЕР-ИНФОРМ. 2005. № 18.

4. Дьяченко В.В., Роговский В.В., Чартий П.В. Контроль экологической безопасности пылегазоочистных установок модифицированным методом спектральной прозрачности // Безопасность в техносфере. № 4. 2014. С. 17–22.

5. Дьяченко В.В., Половченко С.В., Роговский В.В., Чартий П.В. Экологический мониторинг аэрозолей с цементной дисперсной фазой // Научный диалог. Естествознание и экология. 2012. № 7. С. 6–17.

6. Дьяченко В.В., Чартий П.В., Чартий Р.П., Шеманин В.Г. Контроль аэрозолей в приземном слое атмосферы в реальном времени // Безопасность в техносфере. 2008. № 3. С. 36–43.

7. Привалов В.Е., Половченко С.В., Чартий П.В. Экспериментальное зондирование промышленных аэродисперсных потоков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2014. № 4 (206). С. 64–73.

8. Чартий П.В., Шеманин В.Г., Веденин Е.И., Половченко С.В. Функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования // Безопасность в техносфере. 2016. Т. 5. № 1. С. 41–47.

9. Веденин Е.И., Дьяченко В.В., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Лазерный контроль среднего объемно-поверхностного диаметра частиц для оценки параметров аэрозольного загрязнения атмосферы // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6. № 6. С. 3–11.

10. Чартий П.В., Шеманин В.Г., Веденин Е.И. Лазерная система предупреждения аэрозольных выбросов // Безопасность в техносфере. 2014. Т. 3. № 5. С. 25–31.

11. Privalov V.E., Shemanin V.G. Lidars for control and measurements // Progress in Biomedical Optics and Imaging. 1998. Т. 3345. С. 6.

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТЕНТА С ТЕМАТИКОЙ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

И.А. Каляев[1], Э.В. Мельник[2], А.Б. Клименко[3]

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

[2]Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону

[3] Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ, г. Таганрог

kaliaev@mvs.sfedu.ru, evm17@mail.ru, anna_klimenko@mail.ru

В условиях применения систем на базе машинного обучения для мониторинга сетевого пространства одной из проблем становится создание заранее размеченных данных (labelled datasets). Этап сбора и разметки является неотъемлемой частью любого Machine Learning-проекта [1] и подчас требует немалых временных и финансовых затрат, в то время как качество размеченных данных не гарантированно. Существование таких размеченных баз, как MS-COCO (более 200 000 классифицированных изображений), Visual QA (более 250 000 классифицированных изображений), The Street View House Numbers (630 420 изображений), CIFAR-10 (60 000 изображений в 10 классах), не избавляет от необходимости сбора размеченных данных, поскольку проект, использующий технологии машинного обучения, может быть ориентирован на узко направленную или уникальную тематику.

Актуальной проблемой создания размеченных данных являются так называемые ошибки разметки (labeling errors/noise), существование которых в пределах подготовленных к обучению системы данных влечет за собой ошибки в ее обучении.

В работах [2; 3] предложена следующая классификация источников ошибок разметки:

- эксперту предоставляется информация, недостаточная для проведения верной разметки;
- эксперт может допустить ошибку в процессе разметки;
- субъективность процедуры разметки;
- присутствие ошибок в способах кодирования данных или в процессе передачи данных по каналам связи.

Несмотря на то, что ведутся интенсивные исследования в области минимизации ошибок разметки, эта проблема по-прежнему не решена.

Еще одной проблемой создания размеченных баз данных является ее объем и скорость наполнения. Например, в области компьютерного зрения считается необходимым использование более чем 100 изображений для прототипов системы и 500–1000 для системы функционирующей.

В рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) сквозные технологии были определены как ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков. В состав сквозных технологий были включены следующие: большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, промышленный Интернет и др. В рамках данной работы рассмотрены системы распределенного реестра применительно к решению проблем ошибок разметки и скорости наполнения размеченных баз данных.

Формирование обучающих выборок для идентификации контента с тематикой опасных явлений. Введем определение сообщества: под сообществом будем понимать некоторое множество пользователей сети Интернет, которые могут заниматься разметкой данных. Предположим, что система формирования обучающих выборок состоит из следующих основных подсистем: подсистемы предоставления контента для разметки, подси-

стемы процедуры разметки, подсистемы хранения размеченных данных. Подсистема предоставления контента для разметки предоставляет участникам сообщества данные, которые затем классифицируются участниками сообщества и сохраняются в базе размеченных данных.

Распределенный реестр представляет собой базу данных, которая хранится и обновляется каждым участником большой сети. Распределение уникально: записи не передаются в узлы центральным узлом, а вместо этого удерживаются каждым узлом. Каждый узел в сети обрабатывает каждую транзакцию, делая свои выводы, затем по этим выводам проводится голосование, чтобы убедиться, что большинство участников согласно с этими выводами [4]. Базовые элементы распределенного реестра – это база данных, распределенная по узлам, и механизмы ее обновления, в частности механизм достижения консенсуса, который позволяет узлам прийти к общему решению.

Применение элементов технологии распределенного реестра в рамках формирования обучающих выборок для идентификации контента с тематикой опасных явлений целесообразно в следующих подсистемах:

1. В подсистеме разметки данных, а именно: применение механизма консенсуса в процессе разметки позволяет снизить уровень ошибок разметки.
2. В подсистеме хранения размеченных данных, а именно: интеграция проектов, использующих машинное обучение, и использование распределенного реестра как базовой структуры хранения данных позволяет ускорить наполнение баз размеченных данных и увеличить их тематическое покрытие классов.

На рисунке 1 представлена обобщенная схема системы формирования обучающих выборок.

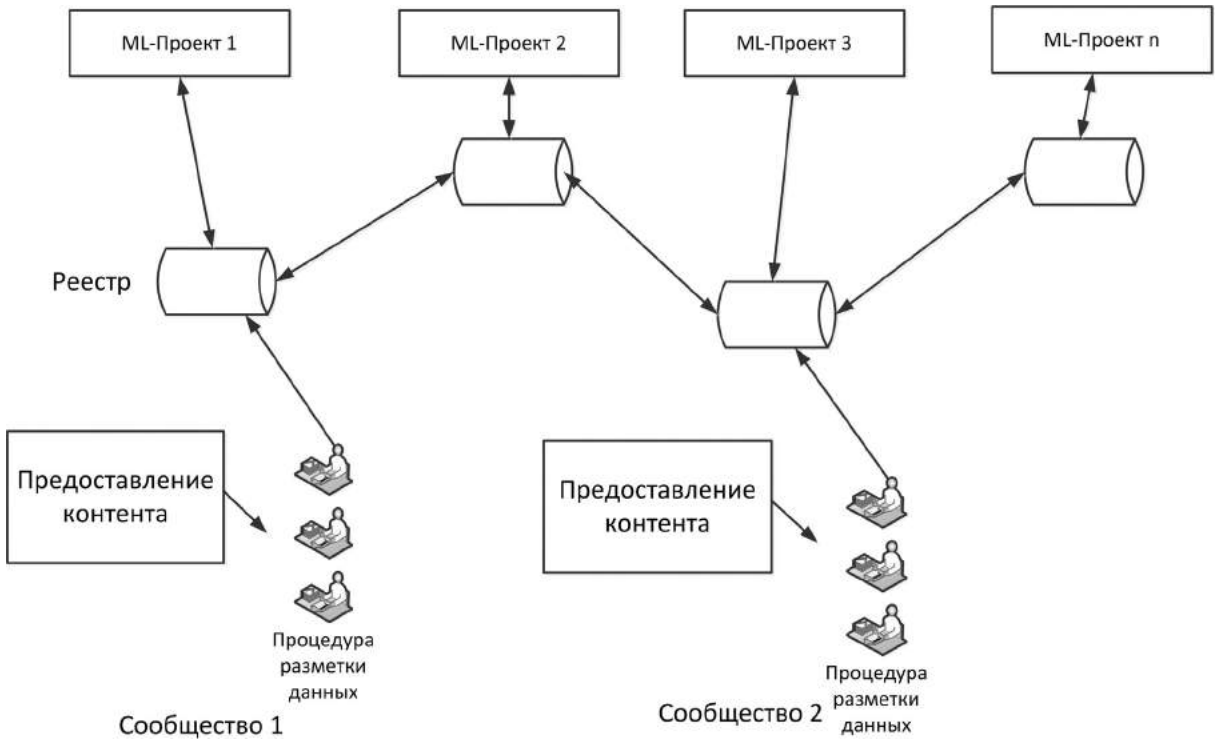


Рис. 1. Применение технологий распределенного реестра для системы формирования обучающих выборок

На рисунке 1 показано, что базы размеченных данных интегрированы в распределенный реестр и таким образом каждый проект, использующий технологии машинного обучения, получает доступ к данным, размеченным сообществами, относящимися к другим проектам. На рисунке 2 приведена детализованная схема функционирования системы с учетом используемых элементов технологии распределенного реестра.

Основные принципы функционирования системы следующие:

- участники сообщества получают идентичный контент для разметки с последующим консенсусом по поводу результатов разметки;
- подтвержденный таким образом размеченный контент добавляется в блоки аналогично тому, как в блоки blockchain добавляются транзакции;
- на уровне подсистемы формирования блоков осуществляется достижение консенсуса по поводу того, который из узлов, формирующих блоки, будет производить его добавление в реестр;
- далее, после того как выбран узел, экземпляр реестра соответствующего узла обновляется и новый блок распространяется по всем узлам системы.

Максимальная скорость пополнения реестра, построенного на основе Bitcoin, будет 576 Мбайт/сутки, однако увеличение объема различных источников достижимо за счет хранения не контента непосредственно, а ссылок на него.

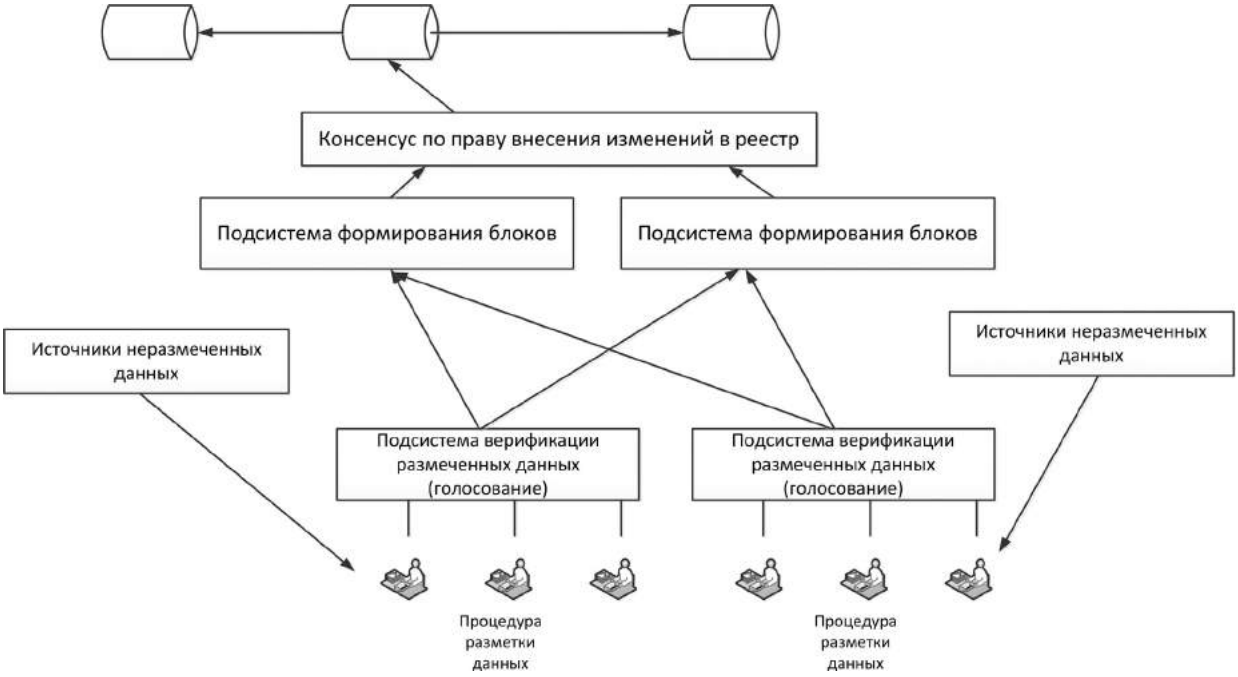


Рис. 2. Элементы технологии распределенного реестра в системе формирования обучающих выборок

Создание обучающих выборок проектов, использующих машинное обучение, является ресурсоемким процессом по следующим причинам:

– необходим большой объем размеченных данных;
– от качества размеченных данных зависит качество обучения и последующего функционирования системы.

Новые технологии распределенного реестра и использование их элементов в системах формирования обучающих выборок позволяют улучшить качество размеченных данных за счет введения механизма консенсуса в процедуру разметки, а также ускорить наполнение и увеличить диверсификацию размеченных данных за счет интеграции проектов в единый распределенный реестр размеченных данных.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ № 18-29-22086 и № 18-05-80092.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Machine Learning Project Structure: Stages, Roles, and Tools [Электронный ресурс]. https://www.altexsoft.com/blog/datascience/machine-learning-project-structure-stages-roles-and-tools/ (дата обращения: 05.05.2019).

2. Frénay, Benoît & Verleysen, Michel (2014). Classification in the Presence of Label Noise: A Survey. Neural Networks and Learning Systems, IEEE Transactions on. 25. 845–869. 10.1109/TNNLS.2013.2292894.

3. Hickey R.J. Noise modelling and evaluating learning from examples. Artif. Intell. 1996. Vol. 82. No. 1–2. P. 157–179.

4. Что такое распределенный реестр? [Электронный ресурс]. https://blockchaindesk.ru/blockchain/chto-takoe-raspredelennyj-reestr (дата обращения: 05.05.2019).

ПРИМЕНЕНИЕ ГРУПП БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

С.Г. Капустян[1], И.А. Каляев[2], Л.Ж. Усачев[2]
[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ, г. Таганрог
kap56@mail.ru, ikalyaev@sfedu.ru, leon957@mail.ru

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) широко используются во многих областях деятельности: в военной области, сельском хозяйстве, географических и экологических исследованиях, для мониторинга больших территорий, например, лесных массивов с целью выявления очагов пожаров, протяженных объектов, таких как линии электропередач, нефте- и газопроводы. В том числе БЛА могут применяться и для решения задач мониторинга опасных процессов в прибрежной зоне.

Однако возможности одиночных БЛА весьма ограничены и их применение не всегда эффективно. Очевидно, что эффективность решения перечисленных выше задач можно существенно повысить путем одновременного использования некоторого множества (группы) БЛА, которые могут осуществлять «параллельный» мониторинг (осмотр) различных областей пространства. При этом, если таких областей пространства, требующих мониторинга с помощью БЛА, несколько, то возникает задача распределения БЛА, входящих в группу, по этим областям таким образом, чтобы минимизировать общее время мониторинга. Именно решению данной задачи посвящена настоящая работа.

Формальная постановка задачи

Допустим, что задано N областей S_i, требующих мониторинга с помощью группы БЛА, причем каждая такая область $S_i (i = \overline{1,N})$ определяется некоторым прямоугольником, для которого известны координаты $<x_i^c, y_i^c>$ его центра, H_i – длина, F_i – ширина и φ_i – угол ориентации, как это показано на рисунке 1.

Будем считать, что в состав группы входят M БЛА, причем каждый БЛА $R_i (i = \overline{1,M})$ описывается тремя параметрами: L_i – ширина полосы мониторинга, определяемая его датчиками, V_i – скорость движения БЛА при мониторинге и $<x_i, y_i>$ – координаты его текущего положения в пространстве. Для простоты дальнейших построений будем считать, что все БЛА, входящие в группу, одинаковы и соответственно имеют одинаковые значения параметров $L_i (i = \overline{1,M}) = L$ и $V_i (i = \overline{1,M}) = V$.

Задача состоит в распределении БЛА $R_i (i = \overline{1,M})$ группы по областям $S_i (i = \overline{1,N})$ таким образом, чтобы минимизировать общее время мониторинга.

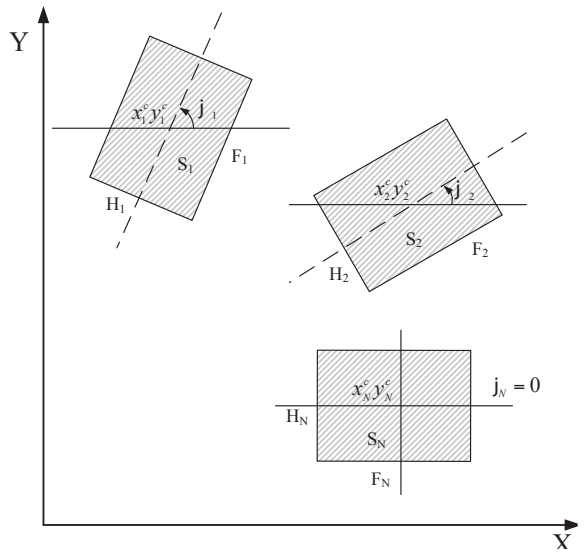


Рис. 1. Задание областей сканирования $S_i (i = \overline{1,N})$

Подходы к решению сформулированной задачи

Решение сформулированной выше задачи предлагается осуществлять в три этапа.

Во-первых, необходимо определить количество БЛА группы, направляемых на мониторинг той или иной области $S_i (i = \overline{1,N})$.

Во-вторых, необходимо распределить БЛА группы по конкретным областям $S_i (i = \overline{1,N})$ с учетом их текущего положения в пространстве, а также количества БЛА, уже направленных для мониторинга той или иной области $S_i (i = \overline{1,N})$.

Наконец, в-третьих, необходимо определить конкретные полосы (траектории) сканирования для каждого БЛА группы.

Для решения первой подзадачи необходимо сначала определить число БЛА, которые могут осуществлять одновременный мониторинг области S_i. Очевидно, что с помощью одного БЛА R_i целесообразно осуществлять мониторинг некоторой полосы в области S_i шириной L вдоль всей ее длины. Исходя из этих соображений, можно сделать вывод, что одновременно осуществлять мониторинг области S_i могут не более чем M_i БЛА, причем

$$M_i = \left\lceil \frac{F_i}{L} \right\rceil,$$

где F_i – ширина области S_i; $\lceil\ \rceil$ – округление до большего целого.

В зависимости от количества БЛА, участвующих в сканировании, время сканирования $T^i_{\text{скан}}$ области S_i может лежать в пределах

$$\left\lceil \frac{H_i}{V} \right\rceil \le T_i \le \left\lceil \frac{H_i}{V} M_i \right\rceil.$$

Исходя из этих соображений, можно предложить следующий метод определения числа БЛА, направляемых на сканирование различных областей $S_i (i = \overline{1,N})$.

Сначала определим среднее время сканирования различных областей $S_i (i = \overline{1,N})$ как

$$T_{ср} = \sum_{i=1}^{N} T_i^{max} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left\lceil \frac{H_i}{V} M_i \right\rceil}{M}.$$

Далее определим количество БЛА, необходимое для сканирования области S_i за время $T_{\text{ср}}$, исходя из следующих соображений: если для сканирования области S_i за время $T_i^{\min}$ требуется M_i БЛА, то соответственно для сканирования той же области S_i за время $T_{\text{ср}}$ потребуется M_i^* БЛА

$$M_i^* = \left[\frac{T_i^{min} \cdot M_i}{T_{\text{ср}}} \right],$$

где [ ] – округление до ближайшего целого.

После того как определено количественное распределение БЛА группы между областями мониторинга $S_i (i = \overline{1,N})$, возникает следующая подзадача – распределение БЛА между конкретными областями мониторинга. Для решения данной задачи предложен подход, заключающийся в том, что задача сводится к задаче о назначениях и решать ее можно с помощью венгерского алгоритма, обеспечивающего наилучшее распределение в соответствии с выбранным критерием оценки эффективности назначения [3]. Понятно, что интерес представляет типичный случай, когда $M > N$ и применение венгерского алгоритма без некоторых специальных приемов, предложенных в работе, невозможно.

После того как БЛА группы распределены по областям мониторинга, необходимо определить конкретную полосу мониторинга для каждого БЛА.

Для решения этой подзадачи предложен подход, требующий минимальных вычислительных затрат, связанных лишь с вычислением центров полос мониторинга, и реализующий назначение БЛА $R_m^* (m = \overline{1,M_i^*})$ на M_i^* полос мониторинга с использованием также венгерского алгоритма.

Результаты экспериментальных исследований

Для экспериментальной проверки работоспособности предложенного подхода была разработана программная модель, реализующая различные алгоритмы назначения БЛА на области и полосы мониторинга. Программная модель позволяет также автоматически сравнить время мониторинга для различных возможных вариантов распределения БЛА по областям мониторинга, в том числе в ситуациях, когда на некоторую область изначально распределяется некоторое количество БЛА, а затем добавляются дополнительные БЛА, закончившие мониторинг своей области.

Заключение

На основании изложенного можно сделать вывод, что предложен эффективный подход к решению задачи мониторинга распределенных в пространстве областей, работоспособность которого подтверждается результатами моделирования, показывающими, что удается получить близкий к оптимальному вариант назначения

БЛА на области мониторинга с точки зрения минимизации суммарных временных затрат и обеспечения безопасности движения БЛА группы. Простота алгоритмов, реализующих предложенный подход, позволяет решать сформулированную выше задачу бортовыми вычислительными средствами автоматически, без участия оператора.

Исследования проводятся при поддержке РФФИ, проекты № 16-29-04194, № 16-29-04178, № 19-08-01226.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко А. Области применения беспилотников [Электронный ресурс]. URL: http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov (дата обращения 07.05.2019).

2. Атутова Ж.В., Макаров С.А. Опыт применения беспилотных летательных аппаратов при исследовании ландшафтов в районах распространения опасных экзогенных процессов // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. С. 7–10.

3. Трифонов А.Г. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс] // SoftLine Co. Свободный режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2/index.php (дата обращения: 07.05.2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ В ГОРОДЕ БЫТОВЫМ МУСОРОМ

О.К. Кириллина, Е.Д. Сушко
МАОУ лицей № 28, г. Таганрог
tat-ka13@yandex.ru

Неизбежный спутник цивилизации – мусор – постепенно становится монстром, разрушающим саму цивилизации. Поэтому тема исследований, связанная с загрязнением мусором городской и природной среды, актуальна не только для крупных городов, но и для таких небольших, как Таганрог. На улицах этого города можно увидеть мусор буквально везде: под деревьями и кустарниками, вокруг мусорных контейнеров, на пляжах и в парках, на берегах залива, на береговых склонах, в лесополосах вокруг города. Городская свалка, проблемы с организацией которой существуют уже более 10 лет, занимает огромную площадь. В мусоре содержатся опасные компоненты: ядовитые вещества, такие как ртуть или другие тяжелые металлы, химические соединения, которые растворяются в дождевых и снеговых водах и затем попадают в водоемы и грунтовые воды, приборы, содержащие радиоактивные вещества, много гниющей органики и строительного мусора. Кроме того, когда город стоит на берегу водоема, то при загрязнении города одновременно происходит и загрязнение водоема. Как показал анализ литературы и открытых источников информации, засорение водоемов отходами жизнедеятельности человека является одной из актуальных проблем нашего времени. Часть мусора со временем разлагается, но немалая его масса оседает на дно или остается плавать на водной поверхности, нанося огромный ущерб окружающей среде.

Авторы работы исследовали влияние, которое оказывает мусор на природную среду в черте города. Предметом исследования стал бытовой мусор. В ходе работы авторами были решены следующие задачи: проведена классификация мусора; выявлены причины и определена скорость увеличения количества мусора в общественных местах; определено влияние бытового мусора на почву; составлена памятка «Что может сделать один?». В качестве методов научного исследования применялись наблюдение, классификация, прогнозирование и обобщение. Для подтверждения выдвинутой научной гипотезы был проведен эксперимент. При проведении эксперимента использовались методика использования измерителя pH и влажности почвенного раствора с помощью тестера фирмы Грин Бэлт, методика определения кальция в почвах и методика определения органики в пробах почв.

Учащиеся лицея № 28 г. Таганрога разработали ряд профилактических мер, направленных на улучшение экологической ситуации, связанной с загрязнением мусором городской среды. Результаты проведенной работы представлены учащимся лицея на уроках экологии и классных часах. Памятка «Что может сделать один?» содержит следующие рекомендации, которые может реализовать каждый житель города:

- систематически проводить уборку территории около школы, дома;
- складывать мусор в специально отведенные для этого места;
- не оставлять мусор в лесу, около водоема, на месте отдыха;
- собирать и сдавать макулатуру (сохраняя при этом природные ресурсы);
- сдавать стеклотару, металлолом;
- бережно относиться к вещам, учебникам и книгам, чтобы увеличить срок их службы и экономно использовать тетради и бумагу (например, оборотную сторону);
- отдавать вещи, которые не используются, нуждающимся людям либо дать вещи «вторую жизнь»;
- при приготовлении пищи необходимо минимизировать отходы полезных продуктов.

В рамках проведения исследования загрязнения почвы бытовым мусором в городе Таганроге были получены следующие результаты:

1. В состав бытового мусора в большей степени входят отходы 3 и 4–5 классов.
2. В ходе наблюдений было замечено, что в черте города утром, после уборки, автобусные остановки мусора не имеют. Накапливаться мусор начинает после 8 часов, к 13 часам мусорные корзины у остановок полные, к вечеру мусор заполняет не только остановки, но и прилегающую территорию.
3. В магазинах и аптеках мусор в виде чеков и упаковок встречается редко, убирается регулярно.
4. Самыми загрязненными являются:
   - места всеобщего сбора мусора. Бумага, пакеты, остатки еды и прочие отходы заполняют не только сами контейнеры, но и лежит вокруг них.
   - территория пляжей и береговые склоны.
5. В последнее время появились контейнеры с надписью «Бумага» и специализированные контейнеры для сбора пластиковых бутылок, мы изучили отходы этих контейнеров. В них обнаружена не только бумага и пластиковые бутылки, но и органический бытовой мусор.
6. Вокруг мусорных контейнеров изменяется состав почвенного раствора: если много гниющей органики – почва становится более кислой, если много строительного мусора, то почвенный раствор имеет щелочную реакцию.
7. Если территория города систематически убирается, то пляжи убирают волонтеры во время редких акций.
8. На береговых склонах залежи мусора многолетние, частично заросшие травой.
9. На пляже Приморского парка летом все контейнеры (а их всего два), переполнены, вывозятся нерегулярно. Зловоние и жидкая субстанция, текущая в море, дополняют безрадостную картину.
10. При скоплении мусора высока вероятность появления мышевидных грызунов.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей разработки комплекса мер по мониторингу и улучшению экологической ситуации в городской среде.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОРСКОЙ ВОДЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

А.В. Когаленко, О.Н. Кокенко
МАОУ лицей № 28, г. Таганрог
n_kogalenko@mail.ru

Наша планета богата различными водными ресурсами и природными источниками. Вода – источник жизни на Земле. Она необходима для жизни всех без исключения живых существ на планете. Вода принимает участие в усвоении клетками питательных веществ и в их транспортировке по всему организму, регулирует температуру тела, позволяет выводить из организма шлаки. Каждое лето миллионы людей из разных стран приезжают отдыхать на морские курорты. Морская вода – это естественный природный источник красоты и здоровья, который не имеет, как правило, никаких противопоказаний, но представляют значительный интерес с научной и экологической точки зрения. Химико-физические свойства морской воды сильно влияют на ее обитателей, несущественные различия значений состава и показателей свойств воды приводят к необратимо серьезным последствиям.

Авторы работы исследовали комплексное состояние морской воды, ее свойства. В качестве методов научного исследования применялись анализ, эксперимент, обобщение, наблюдение. Для подтверждения выдвинутой научной гипотезы был проведен опыт по выращиванию соляных кристаллов в пробах воды из Чёрного, Средиземного, Андаманского и Азовского морей, а также в пробах проточной и очищенной питьевой воды. Результаты, полученные через пять дней, были таковы. В пробирках с пробами из Средиземного моря наибольшие по величине кристаллы, на втором месте – кристаллы из Андаманского моря, на третьем – из Чёрного. Кристалл Чёрного моря уступает по размеру образцам из двух ранее названных морей, что говорит о большой разности уровня соли в них. В пробирках с водой Азовского моря, в питьевой и проточной воде кристаллов не образовалось, что говорит о низком содержании в этих водах соли. Для изучения общих свойств воды воспользовались наблюдением. Результаты показали, что вода Азовского моря обладает зеленоватым цветом, слабо мутная и имеет болотистый заметный запах, что говорит о наличии большого количества синезеленых водорослей в водоеме, множества микроорганизмов. Остальные образцы прозрачны, бесцветны и запах у них отсутствует.

Эксперимент по измерению уровня Ph в воде проводился с помощью Ph-метра лаборатории «Сенсорлаб». Результаты: уровень Ph в Азовском море – 8,5; Чёрном – 8,2; Андаманском – 8; Средиземном море в Греции – 7,8; в Турции – 7,2. Водопроводная вода имеет средний уровень Ph – 8,1; очищенная – 7,2. Следует обратить внимание на то, что значение Ph (водородного показателя) зависит от токсичности и уровня содержания загрязняющих веществ, микроорганизмов. Следуя результатам данного измерения, можно с уверенностью назвать Средиземное море самым чистым из исследуемых. Таким образом, для отдыха и поправления здоровья туристам предпочтительно отдыхать на Средиземном и Андаманском морях, т.к. содержание в них микроорганизмов и загрязняющих веществ не так велико, как в Чёрном и Азовских морях (Ph у них выше, в Чёрном море – сероводород, Азовском – синезелёные водоросли, вследствие чего наблюдается болотный запах и мутный цвет). Для комфортной жизнедеятельности живых организмов наиболее подходящими морями являются Средиземное, Андаманское и Чёрное. Однако обитатели Чёрного моря сильно страдают из-за ежегодного уровня повышения сероводорода и вредных выбросов, отходов производств. Численность их неумолимо снижается. Биоразнообразие Азовского моря за последние 50 лет сильно сократилось из-за синезелёных водорослей, длительного периода цветения, повышения солёности вод. Как известно, одной из главных причин отклонения показателей морской воды от нормы являются пагубные последствия антропогенного воздействия на водоемы. Необходимо устранять непосредственно причины загрязнений. В список средств на охрану природы следовало бы добавить затраты на структурную перестройку отраслей, введение и совершенствование новых малоотходных ресурсосберегающих технологий производства, и не стоит забывать про прямые природоохранные мероприятия, т.к. внедрение новых технологий требует определенного количества времени. Таким образом, нам удастся значительно снизить выплаты на устранение последствий антропогенного загрязнения. После структурной перестройки необходимо также содействие экономической стороны.

В рамках проведенного исследования оценки морской воды и последствий ее влияния на живые организмы были получены следующие результаты:

1. Определена географическая и гидрологическая характеристика морей.
2. Проанализирована информация о степени влияния качества воды на здоровье населения.

3. Проанализирована информация о степени влияния качественного состава воды на биоразнообразие морских вод.
4. Изучено и проанализировано воздействие техногенного загрязнения на водоемы.
5. Изучена методика определения физических и химических характеристик морской воды.
6. Проведена химическая и физическая оценка морской воды из различных источников.
7. Проведен сравнительный анализ полученных результатов.
8. Даны рекомендации отдыхающим туристам.
9. Проведено сравнение условия водоемов и наличие в них жизненно необходимых условий для обитателей.
10. Даны рекомендации по преодолению пагубных последствий антропогенного воздействия.

Полученные результаты могут быть использованы на уроках экологии и для того чтобы заинтересовать лицеистов в области проблемами экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jorge Cauz. Британская энциклопедия. 15-е издание. 1985.
2. Соколов И.И. Фауна СССР. Паукообразные. Т. 5. Вып. 2, Академия наук СССР. М., 1940.
3. Артур Кларк. Человек, который вспахал море. Рига: Полярис, 1998.
4. Шилов И.А. Экология для высших учебных заведений. М.: Высшая школа, 2006.
5. Моя сила [Электронный ресурс]. URL: http://my-power.info (дата обращения 09.01.2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В АСПЕКТЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЯХ

О.Н. Кокенко, О.В. Клименко
МАОУ лицей № 28, г. Таганрог
olga.kokenko@gmail.com, anna_klimenko@mail.ru

Введение. В настоящее время социальные сети интенсивно развиваются и частично берут на себя роль средств массовой информации. Развитие аппаратной составляющей, появление смартфонов, планшетов и доступность видеокамер существенно сокращают время, необходимое для появления в социальных сетях новой информации, в том числе информации о потенциально опасных природных явлениях.

Как показал анализ представленных в открытом доступе источников, для г. Таганрога потенциальную опасность несут такие природные явления, как нагоны и сгоны воды в Азовском море и Таганрогском заливе. Нагоны воды грозят подтоплением прибрежных зон, в то время как сгоны воды оказывают влияние на судоходство [1]. Поэтому исследование социальных сетей в аспекте распространения информации об этих явлениях является актуальным.

Целью данного проекта является проведение оценки социальных сетей с точки зрения их перспективности как сред распространения информации об опасных природных явлениях.

Объектом исследования является информационное пространство социальных сетей.

Предметом исследования является объем распространяемой информации о нагонах и сгонах воды в Таганрогском заливе и Азовском море.

Гипотеза: мы предполагаем, что информационное пространство социальных сетей VK.com, Facebook.com, Ok.ru является перспективной средой распространения информации о нагонах и сгонах воды в Таганрогском заливе и Азовском море и доведения ее до пользователей.

Распространение информации о нагонах и сгонах воды. Влияние социальных сетей (СС) на жизнь современного человеческого социума очень велико. Так, например, количество пользователей самой популярной в России СС «Вконтакте» на март 2017 г. составляло более 380 млн человек.

Информация в социальных сетях распространяется благодаря существованию механизмов так называемого репостинга, посредством которого пользователь может сделать видимой на своей странице ту информацию, которую хочет распространить [2].

Результаты поиска в социальных сетях по ключевым словам приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты поиска информации о нагонах-сгонах воды в социальных сетях

	VK.com	Facebook.com	Ok.ru
Нагон воды	168 новостей (из них 30 имеют отношение к качеству питьевой воды в Таганроге)	14 новостей (все из них – предупреждения граждан)	8 новостей, из них только 2 имеют отношение к природному явлению
Сгон воды	90 новостей (из них 45 имеют отношение к пониженному давлению подачи питьевой воды в Таганроге)	8 новостей (все из них связаны в проблемой обеспечения водой города)	4 новости, 1 из них Таганрогский залив, 3 – устье Дона
Юго-западный ветер	400 новостей (почти все связаны с публикацией прогноза погоды)	25 новостей, прогноз погоды	29 новостей, 2 из них относятся к природному явлению
Северо-восточный ветер	313 новостей (прогноз погоды)	30 новостей, прогноз погоды	9 новостей, из них 0 соответствуют заданной тематике

Выводы. Анализ этих данных позволяет сделать следующие выводы: наиболее активно информация о нагонах и сгонах воды распространяется в социальной сети VK.com, при этом помимо основной тематики затрагиваются смежные тематики, например, качество водоснабжения города. Facebook.com содержит меньше информации по искомой тематике. Ok.ru показала наименьший результат. Таким образом, гипотеза подтвердилась, однако результаты количественного и качественного анализа публикаций значительно варьируются в зависимости от исследуемой сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горковенко Д.К. Обзор моделей распространения информации в социальных сетях // Молодой ученый. 2017. № 8. С. 23–28 [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/archive/142/39946/ (дата обращения: 19.04.2019).

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение Администрация морских портов Азовского моря. Таганрогский филиал [Электронный ресурс]. URL: http://taganrog.azovseaports. Ru/informatsiya/lotsiya.html (дата обращения 20.04.2019).

РИСКИ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ р. ДОН

В.В. Кулыгин
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
kulygin@ssc-ras.ru

Устьевая область реки является особым географическим объектом, находящимся под совместным влиянием режима реки и приемного водоема. Из-за постоянного взаимодействия речных и морских факторов и, как правило, большой плотности населения и хозяйственной освоенности устьевые области характеризуются высокой изменчивостью и уязвимостью. Опасность стихийных бедствий здесь неизбежно возрастает. В связи с этим возникает необходимость анализа и оценки риска опасных явлений, характерных для этих регионов. При этом риск следует рассматривать как сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий.

Устьевая область р. Дон (участок реки от ст. Раздорская до вершины дельты, дельта Дона и Таганрогский залив), являясь важным в экономическом и экологическом отношении регионом, подвержена разнообразным опасным природным процессам. Существенные материальные ущербы от недавних опасных гидрологических явлений [Матишов и др., 2017] определяют актуальность оценки рисков подобных событий.

Анализ риска начинается с его идентификации – выявления опасностей, характерных для рассматриваемой территории. В работе [Магрицкий, 2016б] опасные гидрологические явления в устьевых областях рек объедине-

ны в семь больших групп: наводнения, обмеления, опасные ледовые процессы, опасные морфодинамические процессы, подтопление и в целом опасные изменения уровня грунтовых вод, опасные гидродинамические процессы на устьевом взморье, изменение минерализации и химического состава поверхностных и подземных вод. Однако в [Миньковская, 2018] эта классификация подвергается критике, основанной на том, что в предлагаемый перечень опасных гидрологических процессов (явлений) в устьях рек ошибочно включены явления и процессы, которые либо являются последствиями воздействия устьевых водных объектов на контактирующие среды, либо не имеют прямого отношения к устьевым гидрологическим процессам. Автор работы [Миньковская, 2018] в свою очередь подразделяет гидрологические явления на вызывающие: 1) изменение уровня воды (подпор, наводнение, обмеление); 2) нагрузку на дно и берега (размыв, намыв, перераспределение стока воды и наносов между рукавами, навалы льда на берега, ледоход); 3) ухудшение качества воды (осолонение, проникновение галоклина, возникновение слоя скачка).

Вне зависимости от используемой классификации для устьевой области р. Дон характерно проявление большинства из перечисленных выше опасных гидрологических явлений. Наиболее опасными из них и приносящими большой ущерб являются наводнения. Для устьевого участка р. Дон наиболее характерны стоковые (в верхней части устьевого участка во время половодья) и нагонные наводнения (в дельте и на побережье Таганрогского залива). После строительства Цимлянского гидроузла повторяемость наводнений во время половодья существенно снизилась: сильные стоковые наводнения наблюдались только в 1963, 1979, 1981 и 1994 гг. В то же время в начале XXI в. увеличилась повторяемость и магнитуда нагонных наводнений. Ущерб от двух наиболее разрушительных нагонов в марте 2013 г. и сентябре 2014 г. составил 404 и 564 млн руб. соответственно [Матишов и др., 2017].

В дельте р. Дон и на устьевом взморье судоходство и водоснабжение лимитируют сильные сгоны. Повторяемость сгонов выше, чем у нагонов, а величины изменения уровня, наоборот, меньше (ввиду морфологических ограничений). В последнее десятилетие в устьевой области р. Дон практически ежегодно наблюдается падение уровня воды ниже критической отметки, установленной в качестве критерия опасного явления для сгона. Наиболее продолжительные периоды сгонов были зафиксированы осенью 2015 и 2016 гг.

Длительный период маловодья р. Дон (2007–2017 гг.) существенно повлиял не только на изменение частоты сгонов, но и на интенсификацию интрузии морских вод в дельту. Основное негативное влияние этого явления связно с возможным попаданием соленой воды в водозаборы.

Опасность ледовых явлений и процессов в устье р. Дон очень мала. Угроза навалов морского льда существует только для берегов Таганрогского залива и в дельте р. Дон. В зону потенциального воздействия попадают постройки, расположенные в непосредственной близости к берегу. При этом особую опасность приобретает подъем и движение морского льда в сторону побережья при нагоне в весенний период (подобное явление наблюдалось в феврале-марте 2005 г.).

Оценка риска включает анализ вероятности и последствий идентифицированных опасных событий. Различные виды опасностей могут иметь незначительные последствия, но высокую вероятность появления или значимые последствия и низкую вероятность появления, а также возможен некоторый промежуточный вариант. Чаще всего следует сосредоточиться на опасных событиях с существенными последствиями, поскольку именно эти события вызывают наибольшее беспокойство. В других случаях целесообразно отдельно проанализировать ситуации с высокими и низкими потенциальными ущербами. Например, часто повторяющиеся, незначительные по воздействию события могут иметь большие совокупные потери за некоторый период. Результатом такого предварительного анализа может являться исключение менее существенных или незначительных видов опасности из дальнейшего анализа.

Для оценки вероятности опасных событий применяют следующие три общих подхода, которые могут быть использованы как по отдельности, так и совместно:

- использование исторических данных о событиях, произошедших в прошлом и допускающих возможность экстраполяции вероятности их появления в будущем;
- использование методов прогнозирования, таких как анализ дерева событий;
- использование экспертных оценок.

При анализе последствий определяют характер и тип воздействия опасного явления, величину возможного ущерба. В некоторых случаях последствие может быть результатом совместной реализации нескольких событий или некоторого неидентифицированного события. В этом случае при оценке риска необходимо сосредоточиться на анализе значимости и уязвимости компонентов исследуемой системы, с которыми связаны потенциальные потери.

В качестве объектов, подверженных риску опасных гидрологических явлений, обычно рассматриваются население, здания и сооружения, транспортная инфраструктура, сельскохозяйственные земли, природные ресурсы и т. д. Информация об объектах, подверженных риску, должна соответствовать требуемому уровню

детализации. В таблице 1 приведено краткое описание основных типов информации для разных масштабов исследований. Характерной пространственной единицей представления информации для регионального уровня является растр (с разрешением 5 км); для муниципального уровня – муниципальные образования или отдельные населенные пункты; для локального уровня– группа зданий/сооружений/отдельных объектов.

Объекты, подверженные риску, имеют определенный уровень уязвимости, характеризующий их восприимчивость к разрушительным последствиям опасного явления. Данные об уязвимости часто собираются в виде кривых уязвимостей, которые указывают на взаимосвязь между величиной ущерба конкретному типу объекта и уровнями интенсивности конкретного опасного явления. Подготовка кривых уязвимости является сложной задачей, поскольку они могут быть получены или эмпирическим путем на основе прошлых событий, для которых известны интенсивность и степень повреждения, или посредством численного моделирования. Поэтому чаще используют дискретный аналог кривой уязвимости – матрицы уязвимости. Например, методика МЧС [Методика определения … 2007] содержит справочную информацию о величинах уязвимости зданий разных конструкций к затоплению разной интенсивности, которые рекомендуется использовать в расчетах.

Таблица 1. Информация об основных объектах, подверженных риску

Тип объекта	Уровень детализации		
	Региональный	Муниципальный	Локальный
Население	растровая карта плотности населения	плотность населения в разрезе муниципальных образований/ населенных пунктов	численность людей в здании: возраст, пол, дневная/ночная активность
Здания	растровая карта плотности зданий	тип использования здания согласно генерализованной типизации, высота здания	тип использования здания согласно детальной типизации, высота, тип конструкции, текущее состояние, возраст
Транспортная сеть	основные автодороги, железные дороги, порты, аэропорты	все транспортные сети с подробной классификацией и данными о трафике	все транспортные сети с подробными инженерными характеристиками и данными о трафике
Сельскохозяйственные объекты	растровая карта типов культур и информация об урожайности	по кадастровым участкам: типы культур, информация об урожае	по кадастровым участкам с детализацией по сезонам/ годам: типы культур, информация об урожае
Экологически уязвимые объекты	природные охраняемые территории	общие данные о флоре и фауне в разрезе кадастровых участков	подробная информация о флоре и фауне в разрезе кадастровых участков

Для устья р. Дон опасными гидрологическими процессами, вызывающими наибольший ущерб, являются стоковые наводнения и штормовые нагоны. Меньший ущерб связан со штормовым волнением, заторами и навалами льда, длительным маловодьем. Еще менее опасными считаются сгоны и проникновение морских вод на устьевой участок [Магрицкий, 2016а].

Представленное упорядочивание носит во многом качественный характер, поскольку достаточно трудно количественно оценить последствия некоторых опасностей, например интрузии морских вод. В то же время следует обращать внимание на изменение структуры ущербов во времени. Так, после строительства Цимлянского гидроузла потери от наводнений сменились ущербом от недостаточно длительных весенних половодий, обеспечивающих условия для нереста рыбы.

Для корректной оценки рисков в устье р. Дон необходима инвентаризация всех объектов, попадающих в зону воздействия гидрологических опасностей. Смена типа землепользования в пойме р. Дон непосредственным образом влияет на величину потенциальных ущербов от событий, сильно разнесенных во времени. В свою очередь для расчета уязвимости населения необходима подробная информация о возрастной структуре, наличии социально уязвимых групп и их доли в общей численности населения. Только опора на актуальную информацию о подверженных объектах позволит дать состоятельную оценку риска и выработать решения, направленные на его снижение.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2019 г., № гр. проекта 01201363188.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические процессы в устье Дона и многолетние тенденции в изменении их параметров // Актуальные вопросы гидрологии и геоэкологии: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. А.Б. Китаева. Пермь: ПГНИУ, 2016а. С. 35–41.

2. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические явления и процессы в устьях рек: вопросы терминологии и классификации // Наука. Техника. Технология (политехнический вестник). 2016б. № 2. С. 35–61.

3. 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.

4. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии судоходных гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: приказ МЧС России и Минтранса России от 02.10.2007 г. № 528/143. Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».

5. Миньковская Р.Я. Опасные и особо опасные явления в морских устьях рек Чёрного и Азовского морей // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 3. С. 64–76.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Э.В. Мельник[1], А.Б. Клименко[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

[2]НИИ многопроцессорных вычислительных систем им. А.В. Каляева ЮФУ, г. Таганрог

evm17@mail.ru, anna_klimenko@mail.ru

В настоящее время обилие гаджетов, развитие и доступность Интернет-технологий, а также вовлеченность большого количества людей в информационные процессы привели к тому, что информационное пространство Интернет постепенно берет на себя роль СМИ, при этом становясь перспективной средой распространения информации об опасных природных явлениях или о явлениях, которые могут предшествовать таковым.

К опасным природным явлениям (ОЯ) относятся все те, которые отклоняют состояние природной среды от диапазона, оптимального для жизни человека и для ведущегося им хозяйства. Примерами ОЯ являются землетрясения, извержения вулканов, цунами, наводнения, лавины и сели, а также оползни, оседания грунтов [1]. Ежегодно в России происходит свыше 1100 ОЯ, из них 30 % приводит к существенным экономическим последствиям. Ущерб только от наводнений ежегодно составляет до 40 млрд руб. [2]. В большинстве случаев предотвратить ОЯ не представляется возможным, как, например, не представляется возможным изменить направление ветра, приводящего к нагону воды в полузамкнутом водоеме. Однако важной задачей является своевременная регистрация признаков, предшествующих возможному появлению ОЯ, и оповещение населения соответствующего региона. Источниками информации о предшественниках ОЯ, как правило, служат датчики, анализ спутниковой фотосъемки, метеорологические данные, данные, поступающие с беспилотных летательных аппаратов и др. Однако, учитывая скорость и интенсивность распространения информации в сети Интернет и, в частности, в социальных сетях, целесообразно проводить и мониторинг информационного пространства.

Мониторинг ОЯ на основе анализа информационного пространства сети Интернет**.** Определим основные элементы архитектуры системы мониторинга и прогнозирования ОЯ. Опираясь на описание аналогичных систем [3], можно сделать вывод о том, что основными составляющими элементами системы являются следующие (рис. 1):

- подсистема сбора данных;
- информационная подсистема хранения данных;
- аналитическая подсистема.

Аналитическая подсистема предположительно интегрирована с терминалом лица, принимающего решение (ЛПР).

Поскольку сбор данных ведется из самых разнообразных источников, включая информационное интернет-пространство, возможны два основных варианта реализации процесса: автоматический, когда сбор данных производится в полностью автоматическом режиме без участия человека, и автоматизированный, когда сообщества индивидов участвуют в формировании базы данных системы.

Представим подсистему сбора данных как двухкомпонентную и состоящую из следующих подсистем:

- подсистему автоматического сбора информации (что целесообразно для сохраняемых показаний датчиков);
- подсистему автоматизированного сбора информации (что целесообразно при осуществлении поиска данных по интернет-пространству, а также при использовании таких источников данных, как архивы медицинских учреждений и т. п.).

Подсистема автоматического сбора информации предполагает работу специальных приложений, осуществляющих выборку релевантной информации. Примером могут служить системы поиска в Интернете контента по образцу. Подсистема автоматизированного сбора информации предполагает кооперативное функционирование сообществ заинтересованных лиц.

Под сообществом заинтересованных лиц будем понимать множество индивидов, объединенных по признаку заинтересованности в достижении процессом мониторинга ОЯ наиболее эффективного функционирования.

Обобщая потенциальные источники данных для системы мониторинга ОЯ и опираясь при этом на данные, приведенные в [4], выделим следующие основные классы источников данных для системы (рис. 1):

- датчики различных типов;
- информационное пространство сети Интернет;
- специализированные учреждения.

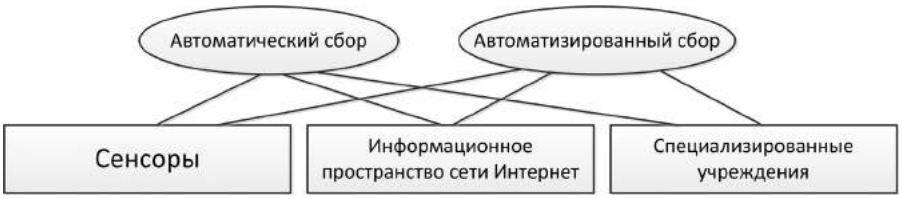


Рис. 1. Классы источников данных для системы мониторинга ОПЯ

Поскольку автоматический сбор некоторых типов данных может производиться в информационном пространстве Интернет при использовании технологий на базе машинного обучения, целесообразно производить пополнение базы данных системы мониторинга еще и размеченными данными (labelled data). Это реализуемо в процессе автоматизируемого пополнения БД и несет двоякую функцию: во-первых, данные в БД будут некоторым образом верифицированы и классифицированы, во-вторых, могут использоваться для обучения интеллектуальных средств автоматического поиска данных. Учитывая, что автоматический поиск данных позволяет осуществлять поиск в Интернет-пространстве быстрее, чем пользователи, такой подход ускоряет поиск контента, содержащего данные о потенциально ОЯ.

Таким образом, архитектуру подсистемы сбора и хранения данных можно представить в виде следующей схемы (рис. 2).

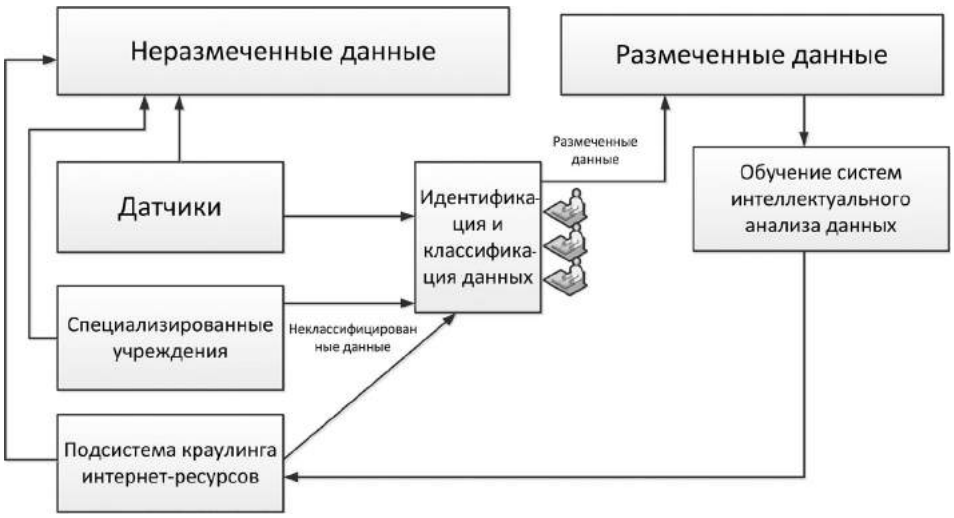


Рис. 2. Архитектура подсистемы сбора и хранения данных

Подсистема сбора и хранения данных является базовым элементом системы мониторинга ОЯ. Аналитическая подсистема тесно взаимосвязана непосредственно с терминалом ЛПР и может реализовывать различного рода процессы интеллектуального анализа хранимых в БД данных и прогнозирования природных объектов. Функционал аналитической подсистемы полностью зависит от специализации ЛПР и может охватывать широкий круг прикладных задач, специфичных для какой-то конкретной предметной области мониторинга окружающей среды (рис. 3).

Таким образом, представленная в рамках данной работы система мониторинга ОЯ интегрирует информационное пространство как новый источник данных.

Рис. 3. Взаимодействие элементов системы мониторинга ОЯ

Учитывая массовую вовлеченность индивидуумов в информационные процессы сети Интернет и в том числе социальных сетей, целесообразно использовать информационную среду Интернет для мониторинга и прогнозирования ОЯ. Интеграция информационного пространства как источника данных в систему мониторинга ОЯ требует разработки новой архитектуры системы, которая бы учитывала не только специфику распространения информации в сети Интернет, но и существование возможностей автоматического и автоматизированного ее поиска. Представленная в данной работе архитектура ориентирована на мониторинг и анализ Интернет одного из базовых источников данных об ОЯ, чем и отличается от аналогов.

Исследование выполнено при поддержке гранта №18-05-80092.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опасные природные явления и предупреждение их действий [Электронный ресурс]. URL: https://geographyofrussia.com/opasnye-prirodnye-yavleniya-i-preduprezhdenie-ix-dejstvij/ (дата обращения: 05.05.2019).

2. Неблагоприятные и опасные природные явления [Электронный ресурс]. URL: https://bigenc.ru/geography/text/2651049 (дата обращения: 05.05.2019).

3. Муртазов А.К. Экологический мониторинг. Методы и средства: Учебное пособие. Ч. 1. Рязань, 2008. 146 с.

4. Орда-Жигулина М.В., Мельник Э.В., Иванов Д.Я., Родина А.А., Орда-Жигулина Д.В. Комбинированный подход к построению средств мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. № 9 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kombinirovannyy-podhod-k-postroeniyu-sredstv-monitoringa-i-prognozirovaniya-opasnyh-prirodnyh-yavleniy (дата обращения: 05.05.2019).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Э.В. Мельник[1], М.В. Орда-Жигулина[1], Д.В. Орда-Жигулина[1], Д.Я. Иванов[2], А.А. Родина[1]

[1]Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону

[2] Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ, г. Таганрог

evm17@mail.ru, jigulina@mail.ru

В настоящее время в окружающей нас среде увеличивается количество различных негативных природных явлений и процессов, которые особенно ярко выражены в прибрежной части различных водных объектов. Такие явления и процессы, которые могут быть вызваны как естественными, так и антропогенными причинами, оказывают существенное влияние на население и береговую инфраструктуру. Так, абразия берегов, мор рыбы, ухудшение состояния источников пресной воды всё чаще возникают в тех местах, где ранее подобных проблем не наблюдалось (к примеру, в низовье реки Дон наблюдается значительное ее обмеление и осолонение вод [1; 2]). Поэтому особую важность приобретает мониторинг состояния природных объектов и прогнозирование

опасных ситуаций. Данная работа посвящена принципам создания системы мониторинга опасных природных процессов, которая способна обрабатывать большие объемы неструктурированных данных от разнотипных источников, в том числе данных социальных сетей, с применением уже имеющейся информационной инфраструктуры и технологий цифровой экономики.

Анализ целесообразности применения технологий цифровой экономики при создании средств мониторинга и прогнозирования опасных процессов и явлений. В настоящее время для уменьшения степени влияния возникающих опасных природных явлений на человека и его хозяйственную деятельность осуществляется гидрологический, метеорологический и биологический мониторинг. В большинстве случаев предпринимаемые действия носят локальный и территориально разрозненный характер, что приводит к большой неоднородности первичных данных [3]. Так, на основании проведенного обзора литературы и патентного поиска был сделан вывод, что в настоящее время на стадии разработки и внедрения находится ряд систем мониторинга или прогнозирования опасных явлений. Существенным недостатком данных систем является то, что они локальны и, как правило, имеют централизованную организацию. Кроме того, эти системы позволяют осуществлять мониторинг опасных явлений отдельно от прогнозирования опасных явлений в каждом регионе. Системы оповещения населения также существуют отдельно и принадлежат различным ведомствам [4]. Например, штормовое предупреждение рассылает МЧС РФ, о проблемах с понижением уровня водозабора сообщает «Водоканал» и т. д. Сама структура первичных данных при этом разнородна (от текстовых сообщений пользователей в социальных сетях до фото- и видеосообщений и данных спутниковой видеосъемки). Обработка каждого типа исходных данных осуществляется отдельно. При этом уже обработанные и размеченные данные, полученные из разных источников, не сопоставляются друг с другом ни в ретроспективе, ни в режиме реального времени. Поэтому при создании новых систем мониторинга и прогнозирования опасных явлений и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры становится актуальным одновременное использование современных технологий в области сбора, хранения и обработки больших объемов неструктурированной информации, систем поддержки принятия решений, включающих нетипичные источники данных (в т. ч. мониторинг виртуального пространства социальных сетей с целью анализа сообщений о нетипичных природных явлениях).

Авторами был предложен «комбинированный» подход к отбору исходных данных для системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений и предложены методы и алгоритмы обработки данных для системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений [4] на базе технологий цифровой экономики, которые позволяют решать следующие научно-технические задачи:

- получать, обрабатывать и хранить данные от различных типов датчиков. Все исходные данные при этом можно отнести к Bigdata, так как новая система должна не только территориально охватывать большие площади контролируемого Понто-Каспийского региона, но и обрабатывать неразмеченные исходные данные различного происхождения от метеорологических данных до фото- и видеоинформации.
- уменьшить латентность (время реакции) и повысить надежность новой системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений (за счет применения технологий промышленного интернета вещей (Internet of Things), компонентов робототехники и беспроводной связи).
- осуществлять безопасное хранение, обеспечивать верификацию исходных данных от различных источников в режиме реального времени (за счет применения технологии распределенного реестра).
- реализовывать децентрализованные системы [5] (за счет применения нейротехнологий и искусственного интеллекта).

На основании разработанных методов и алгоритмов с учетом особенностей Понто-Каспийского региона была определена структура системы мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры различных классов, в том числе донных сообществ прибрежных зон Понто-Каспийского региона, которая должна содержать:

– оконечные устройства, представленные множеством разнородных датчиков (могут быть расположены в прибрежной зоне, зоне мелководья, в отдалении от берега на оборудовании, одежде виндсерферов, байдарочников, яхтсменов, буях, катерах морской охраны, а также на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА)), которые собирают данные об окружающей (воздушной, водной, придонной) среде, при этом все датчики должны быть оснащены модулем беспроводной связи и могут быть оборудованы гироскопом, компасом, часами или другим устройством контроля времени, GPS и высотомером GPS и должны передавать координаты широты и долготы и данные о времени;

– промежуточные устройства, осуществляющие предварительную обработку, в т. ч. вычисления и анализ (смартфоны, планшетные и портативные компьютеры, ноутбуки, смарт-часы, устройства отслеживания активности и др.); кроме того, данные о состоянии окружающей среды могут быть получены при анализе открытых данных из соцсетей (фото, видео, сообщения), метеорологических данных в реперных точках наблюдения, анализа снимков со спутников LANDSAT, Google Earth, с БПЛА, карт мелководья и абразии берегов;

– датацентры и сервера, накапливающие в себе данные мониторинга, их заключительной обработки, анализа происходящих изменений состояния прибрежных и водных объектов и рекомендации по обеспечению устойчивого состояния этих объектов и дальнейших действий, направленных на обеспечение безопасности населения и береговой инфраструктуры, при этом на серверах установлены серверные приложения с программными модулями, организующими прием поступающих от промежуточных устройств частично обработанных данных, оценку качества и достоверности получаемых данных и исключения данных с ошибками, анализируя тем самым данные с целью отслеживания состояния прибрежных и водных объектов и подготовки рекомендаций по стабилизации состояния этих объектов и организации действий обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры в случае необходимости.

Стоит отметить, что данные, полученные при «комплексном» анализе информации, собранной из различных источников (данных от БПЛА, спутниковой видео- и фотосъемки, данных метеостанций, соцсетей), позволяют более тщательно определять место и время забора проб бентоса, приводя тем самым к уменьшению расходов на организацию экспедиций с целью осуществления забора проб и повышению качества и значимости получаемых для исследования материалов.

Обеспечение такой важной характеристики системы, как оперативная реакция на события, осуществляется посредством применения технологии туманных вычислений (Fog computing). При этом будет происходить перенос вычислительной нагрузки к краю системы с целью снижения нагрузки на сеть и уменьшения времени реакции на события. Надежность, масштабирование, степень взаимодействия с другими системами обеспечиваются за счет применения следующих технологий цифровой экономики: нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, промышленный интернет вещей (Internet of Things), компоненты робототехники, технологии беспроводной связи.

Таким образом, при разработке новых средств мониторинга и прогнозирования опасных явлений на базе таких современных технологий цифровой экономики, как туманные вычисления, распределенный реестр и промышленный Интернет, были достигнуты следующие результаты: решены задачи децентрализации обработки информации и диспетчирования, обеспечения «открытости» для взаимодействия с другими аналогичными системами, снижено время реакции на события, обеспечены более высокие значения показателей надежности и масштабируемости.

Была предложена структура системы мониторинга, которая включает в себя уже имеющуюся информационную инфраструктуру, что позволяет обрабатывать большой поток слабоструктурированных данных, поступающих в том числе от социальных сетей, и обладает высокой масштабируемостью и устойчивостью к недетерминированным изменениям структуры.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ № 18-29-22086 и №18-05-80092.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г.. Нужны ли тихому Дону новые плотины? // Природа. 2018. № 1. С. 25–34

2. Бирюкова С.В., Булышева Н.И., Савинкин А.И., Семин В.Л. Донные сообщества таганрогского залива летом 2017 г. // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: Международного научного форума «Достижения академической науки на Юге России»; международной молодежной научной конференции «Океанология в 21 веке: современные факты, модели, методы и средства» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова; Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки». Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2017. С. 299–301

3. Данные метеостанций ЮНЦ РАН в режиме реального времени [Электронный ресурс]. URL: http://archive.ssc-ras.ru/meteo/?st=kag (дата обращения: 05.05.2019).

4. Мельник Э.В., Иванов Д.Я., Орда-Жигулина М.В., Орда-Жигулина Д.В., Родина А.А. Применение технологий туманных вычислений в системе мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 2. С. 300–311.

5. Каляев И.А., Мельник Э.В. Метод мультиагентного распределения ресурсов в интеллектуальных многопроцессорных вычислительных системах // Вестник ЮНЦ РАН. 2007. № 12. С. 40–50.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Б.Е. Механцев[1], Я.Э. Мельник[2]
[1]Инженерно-технологическая академия ЮФУ, г. Таганрог
[2]МОБУ СОШ № 24, г. Таганрог
bob_meh@mail.ru, vanpet17@mail.ru

Введение. В настоящее время количество опасных природных явлений на территории России по сравнению с началом XXI в. увеличилось вдвое и достигло 1000 явлений в год [1]. Подготовка и своевременное реагирование позволяет во многих случаях избежать человеческих жертв и уменьшить экономический ущерб.

Для мониторинга и прогнозирования опасных явлений применяются специальные системы, отслеживающие множество параметров (температура, давление, уровень воды, скорость ветра, концентрация веществ в атмосфере и т. п.) и позволяющие определить наиболее опасные факторы, а также места, наиболее уязвимые с точки зрения тех или иных опасных природных явлений [2]. Такие системы, как правило, географически распределены: сбор данных о параметрах окружающей среды необходимо осуществлять в различных местах, персонал, работающий с системой, также может быть территориально распределен. Для Российской Федерации, учитывая размер ее территории, это характерно в наибольшей степени: мониторинг геологической среды ведется в 21 тыс. пунктов наблюдений), слежение за опасными геологическими процессами – на 1300 наблюдательных участках, сейсмологические наблюдения – в 40 пунктах [3].

Современные системы мониторинга в обобщенном виде имеют следующую структуру: источники данных, центр хранения и обработки данных, рабочие места пользователей. Такая структура обеспечивает централизованное накопление и хранение данных, в результате чего все пользователи работают с одними и теми же данными, что важно при совместном принятии решений. При объединении нескольких локальных систем мониторинга (с целью расширения функциональных возможностей и повышения качества прогнозов) в комплексную систему необходимо организовать новый центр хранения и обработки данных. При этом возникает необходимость приобретения дорогостоящих аппаратных средств и организации коммуникационных каналов с высокой пропускной способностью.

Существуют системы распределенных баз данных, однако ряд проблем (защита реплицируемых данных, контроль над целостностью данных, сложная процедура проектирования) существенно затрудняет применение таких баз данных напрямую [4]. Технология распределенных реестров позволяет объединить возможности нескольких систем мониторинга без существенных дополнительных затрат за счет обеспечения синхронизации данных на разных узлах сети. Данная технология является одной из сквозных технологий построения цифровой экономики.

Таким образом, целью данной работы является снижение трудоемкости построения комплексных систем мониторинга.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: исследовать возможность применения технологии распределенных реестров при объединении нескольких информационных систем в единую систему.

Объектом исследования являются распределенные автоматизированные системы мониторинга и прогнозирования.

Предметом исследования являются методы построения распределенных систем мониторинга и прогнозирования.

Гипотеза. Технология распределенных реестров может быть использована при создании комплексных систем мониторинга окружающей среды.

Распределенный реестр – это информационная система, включающая в себя базу данных распределенного типа, в которой содержатся сведения об определенных фактах, подтверждение действительности которых осуществляется посредством заранее определенных алгоритмов. Технология распределенных реестров позволяет обеспечить каждого участника полноценной копией реестра, синхронизированной с копиями других участников. Кроме того, к преимуществам распределенных реестров можно отнести бесперебойность и отказоустойчивость благодаря распределенности и наличию большого количества копий данных.

В общем виде работу распределенного реестра можно представить следующим образом:

- пользователь отправляет запрос на помещение данных о факте (действии) в реестр;
- запрос передается участникам реестра, «майнеры» собирают данные запросов в блоки, каждый по специальному алгоритму (с высокой вычислительной сложностью) рассчитывает контрольный код;

– «майнер», первым получивший код, передает информацию о «своем» блоке и коде другим «майнерам» и «аудиторам», которые производят проверку правильности полученного результата;
– если правильность подтверждена большинством, блок добавляется в реестр.

Применительно для объединенной системы мониторинга с применением технологии распределенного реестра функции узлов можно определить следующим образом: «майнеры»/«узлы аудита» – центральные средства обработки/хранения данных отдельных систем, «легкие клиенты» – источники данных (датчики, исследователи) или пользователи системы. «Майнером» узел может быть только при наличии достаточных вычислительных ресурсов. При этом источники данных формируют запросы на размещение данных наблюдений в реестре, устройства обработки/хранения формируют блоки и помещают их в реестр, пользователи на основании полученной из реестра информации формируют прогнозы и планируют необходимые действия (прогнозы и планы действий также помещаются в реестр).

Биткойн-блокчейн является одним из крупнейших блокчейнов (разновидности распределенных реестров). Он содержит почти 10 000 узлов с полной копией блокчейна. Большая часть из них – это узлы аудита. С учетом «легких пользователей» число узлов в биткоин-блокчейн более 10 миллионов [5]. Таким образом, на базе технологии распределенного реестра можно объединить внушительное количество отдельных устройств (датчиков, серверов, персональных компьютеров пользователей).

В биткоин-блокчейн добавление блока возможно за 10 минут, размер блока ограничен в настоящее время 4 МБ. Таким образом, в течение суток в подобную систему хранения данных может быть загружено 4*6*24=576 МБ. Если предположить, что одно значение параметра занимает 20 байт (идентификатор – 4 байта, время – 8 байт, значение – 8 байт), то в один блок можно записать до 200 000 значений разных параметров, с учетом того, что периодичность измерения многих параметров существенно больше 10 минут (раз в несколько часов), то номенклатура записываемых параметров будет еще шире.

Таким образом, технология распределенных реестров позволяет строить комплексные системы мониторинга без существенных дополнительных аппаратных затрат и трудозатрат на организацию репликации данных.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ № 18-29-22086 и №18-05-80092.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росгидромет: количество ЧС природного характера в РФ увеличилось вдвое за 10–15 лет [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/obschestvo/4673475 (дата обращения 24.04.2019).

2. Шапошников А.С. Анализ эффективности систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на примере Москвы // Технологии гражданской безопасности. Т. 6. 2009. № 3–4 (21–22).

3. Состояние и охрана окружающей среды // Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: https://bigenc.ru/text/5006585 (дата обращения 24.04.2019).

4. Распределенные базы данных [Электронный ресурс]. URL: http://www.inf.vspu.ac.ru/umm_chul/ files/pido/lection2.pdf (дата обращения 24.04.2019).

5. «Алгоритмы консенсуса»: Подтверждение доли и доказательство работы [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/bitfury/blog/327468 (дата обращения 24.04.2019).

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ (на примере Ямальского берега Байдарацкой губы Карского моря)

А.В. Новикова, А.П. Вергун
НИЛ геоэкологии Севера МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
annamsu17@gmail.com

Арктические берега, сложенные многолетнемерзлыми породами, крайне динамичны: они отступают со среднемноголетней скоростью 1–2 м/год [Lantuit et al., 2012]. В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата, проявляющимся особенно значительно в Арктическом регионе [IPCC, 2014], и в связи

с активным хозяйственным освоением, на многих участках отмечается ускорение разрушения берегов [Grosse et al., 2005, Günther et al., 2013, Jones et al., 2013].

Арктическое побережье остается одним из наименее изученных в связи с суровым климатом, удаленностью и труднодоступностью региона. Изучение современной динамики арктических берегов особенно затруднено, так как требует повторных полевых геодезических, геологических и других изысканий. В связи с этим для мониторинга за состоянием берегов актуально применение данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ): данные аэро- и космической съемки, а также в последнее время съемки с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Съемка БПЛА – новый, активно развивающийся метод мониторинга динамики берегов. БПЛА появились в первую очередь в связи с необходимостью эффективного решения военных задач – тактической разведки, доставки к месту назначения боевого оружия, управления боевыми действиями и т. п. Первым их применением считается доставка австрийскими войсками бомб к осажденной Венеции с помощью воздушных шаров в 1849 г. [Павлушенко и др., 2005]. Мощным импульсом к развитию БПЛА послужило появление радио, что позволило существенно улучшить их автономность и управляемость. Применение БПЛА для гражданских, в том числе научных целей, стало активно развиваться в начале 2010-х гг. в связи с появлением малогабаритных, сравнительно дешевых и простых в управлении БПЛА, таких как квадрокоптер.

В докладе представлены результаты первых работ по исследованию берегов Ямальского участка Байдарацкой губы Карского моря с применением БПЛА. Проведено сравнение полученных данных с данными геодезической ГНСС-съемки, глобальной цифровой моделью рельефа ArcticDEM и аэрофото- и космоснимками на данный регион.

Район исследования представляет собой 12-километровый участок Ямальского берега Байдарацкой губы Карского моря между мысом Мутный на севере и устьем реки Лыяха на юге. Изучение динамики берегов данного участка особенно актуально, т. к. здесь естественные береговые процессы были нарушены в результате строительства газопровода. Анализ изменения состояния берегов за периоды до и после строительства газопровода (2009 г.) позволит выявить возможный техногенный прессинг на береговые ландшафты и прогнозировать развитие береговых процессов в будущем.

Методика исследований

Систематические исследования природных условий вдоль трассы трубопровода начались в 1988 г. в ходе Арктической морской инженерно-геологической экспедиции (АМИГЭ), НИЛ геоэкологии Севера географического факультета МГУ и других организаций. По результатам комплексных работ 1990-х гг. была составлена монография, характеризующая различные аспекты природных условий побережья и акватории Байдарацкой губы [Природные условия … 1997].

В 1988 г. сотрудниками НИЛ геоэкологии Севера географического факультета МГУ на исследуемом участке вдоль берега были заложены реперы для мониторинга динамики берегов [Камалов и др., 2006]. В створах реперов практически ежегодно проводится нивелирование по профилю в крест линии берега с глубины примерно первого подводного вала и на сушу до 40 м от бровки берегового уступа. Сопоставление разновременных профилей позволяет количественно охарактеризовать динамику берегов. С 2005 г. съемка по профилям проводится с помощью тахеометров, начиная с 2014 г. нивелирование профилей проводится при помощи ГНСС (DGPS) приемников.

В ходе экспедиции летом 2018 г. на участке впервые проводилась съемка с БПЛА. Площадь съемки составила около 3 км^2 (~12 км вдоль берега, ~300 м – ширина полосы съемки). Съемка проводилась квадрокоптером DJI Phantom 4 PRO в ручном режиме, в надир, на высоте 100 м, в 2 галса (туда и обратно) участками по ~1 км, с перекрытием 60–80 % (для создания стереомодели), общий объем съемки – 3486 снимков. Для точной привязки фотоснимков на территории была организована система опознавательных знаков, координаты которых измерялись с помощью ГНСС приемников Javad Sigma с внешней антенной GRANT J3T в режиме RTK (точность около 3 см в плане и 4,5 см по высоте).

По результатам съемки БПЛА в ПО Agisoft PHOTOSCAN были построены цифровая модель рельефа (ЦМР) и ортофотоплан. Методика обработки результатов съемки БПЛА детально описана в литературе [Koci et al., 2017; Eltner et al., 2016 и др.]. Алгоритм включает идентификацию и сопоставление элементов на снимках, реализацию алгоритмов корректировки узловых точек для оценки трехмерной геометрии, линейное преобразование подобия для масштабирования и привязки облака точек и его оптимизацию. Планово-высотные координаты опознаков, полученные при полевых работах, задавались на данном этапе вручную. Реализация алгоритмов сопоставления стереоизображений позволяет построить плотное трехмерное облако точек, а по нему – ЦМР и ортофотоплан.

Для верификации полученных результатов производилось сопоставление планово-высотных координат по съемке с БПЛА с координатами, полученными по DGPS приемникам, в ArcGIS и Excel.

Полученные высоты по профилям сети мониторинга были сопоставлены с цифровой моделью рельефа (ЦМР) ArcticDEM – ЦМР на всю Арктику с разрешением 5–2 м и вертикальной точностью 0,3 м [Dai and Howat, 2017], созданная Polar Geospatial Center of University of Minnesota's College of Science and Engineering и представленная в открытом доступе (https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/). Поскольку ArcticDEM имеет разрешение до 2 м и может иметь погрешность привязки до 5 м, сравнение с полученной нами ЦМР по съемке с БПЛА затруднено и данные по динамике рельефа имеют значительную погрешность, однако позволяют судить об общих тенденциях и закономерностях.

Повторные съемки с помощью БПЛА в следующие экспедиции позволят более точно судить о динамике рельефа и рассматривать не только линейное отступание берегов (м/год) по профилям, но и объемное ($м^3$/м/год).

Результаты

По результатам съемки с БПЛА получены высокодетальные изображения местности, на основе которых с применением данных ГНСС-съемки были построены высокодетальные ЦМР (разрешение 5,6 см) и ортофотоплан (разрешение 2,8 см). По полученным данным анализируются строение и динамика рельефа, состав отложений береговой зоны.

Сопоставление планово-высотных координат по точкам съемки DGPS-приемниками вдоль профилей и по ЦМР с БПЛА показало высокую сходимость: отклонения не превышают ±0,4 м. Максимальные различия наблюдаются на поверхности берегового уступа и на осушке ближе к морю, что, по-видимому, связано с искажениями за рельеф и отсутствием в этих частях береговой зоны точек привязки, а также с отражением с зеркала воды, оставшейся в результате отлива на осушке. Поверхность ЦМР с БПЛА, как правило, расположена несколько выше (на 0,05–0,1 м), чем поверхность по съемке DGPS, что, скорее всего, связано с тем, что квадрокоптер снимает поверхность растительности, а не непосредственно рельеф.

Высоты, полученные по съемке БПЛА в экспедиции 2018 г., были сопоставлены с высотами по ArcticDEM 2016 г. ArcticDEM обладает точностью (5 м) гораздо меньшей, чем точность ЦМР, построенной по съемке с квадрокоптера (5,6 см), чем в частности объясняются значительные расхождения по высоте. Однако в пределах даже такой точности метода мы можем делать обобщающие выводы о строении и динамике береговой зоны и тенденциях ее развития. Так, повсеместно наблюдается отступание бровки и стенки берегового уступа и понижение абсолютной высоты поверхности террасы и пляжа за период 2014–2016 гг.

Выводы

Применение БПЛА для съемки местности имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами мониторинга динамики берегов, такими как тахеометрическая съемка, съемка ГНСС-приемниками и анализ космоснимков.

- БПЛА позволяет проводить площадную съемку местности дешевле и детальнее космосъемки, охватывая достаточную для целей исследования площадь. Более точная наземная геодезическая съемка дискретна в пространстве, участки между профилями не охвачены наблюдениями. В условиях тундры, где нет древесной и кустарниковой растительности, применение БПЛА для съемки рельефа особенно эффективно.
- Съемка с БПЛА проводится значительно быстрее, чем съемка тахеометром и ГНСС. Квадрокоптер DJI Phantom 4 при нормальных погодных условиях пролетает за 30 минут (время работы одной батареи) со съемкой около 2 км. Таким образом, при хорошей погоде, наличии запасных батарей и зарядного устройства недалеко от места полетов, съемка исследуемого участка (около 3 $км^2$) совместно со съемкой опознаков ГНСС приемниками заняла 2–2,5 дня.
- ЦМР и ортофотоплан, построенные по съемке с БПЛА и с привязкой по точкам ГНСС, обладают пространственным разрешением (3–5 см), лишь немногим уступающим точности инструментальной наземной съемки (ГНСС – первые см, тахеометром – менее 1 см) и намного превышающим разрешение аэро- и космофотоснимков (от 0,3 м).

Недостатки метода незначительны, к ним можно отнести:

- ограничение по погодным условиям: не применим при скорости ветра более 15 м/с, при температуре воздуха менее –10 и более 40 °С и при осадках;
- ограничение по времени полета одной батареи – не более 30 мин., таким образом, необходимы запасные батареи и источник электроэнергии для частой подзарядки устройства.

Таким образом, БПЛА показал высокую эффективность для целей мониторинга динамики арктических берегов. Предполагается его использование в дальнейшем. Созданные ЦМР будут сопоставлены с ЦМР предыдущих лет (ArcticDEM, ЦМР по аэрофотоснимкам) и с ЦМР по съемкам будущих экспедиций для выявления динамики рельефа и других компонентов ландшафтов арктических берегов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камалов А.М. и др. (2006) Морфолитодинамика берегов и дна Байдарацкой губы на трассе перехода магистральными газопроводами. Криосфера Земли. 10 (3): 3–14.

2. Павлушенко М.И., Евстафьев Г.М., Макаренко И.К. БПЛА: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. М.: «Права человека», 2005.

3. Природные условия Байдарацкой губы. Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов Ямал – Центр. М.: ГЕОС, 1997. 432 с.

4. Dai C., Howat I.M. Measuring lava flows with ArcticDEM: Application to the 2012–2013 eruption of Tolbachik, Kamchatka. Geophysical Research Letters. 2017. 44(24).

5. Eltner A. et al. Image-based surface reconstruction in geomorphometry – merits, limits and developments. Earth Surface Dynamics. 2016. 4(2): 359–89.

6. Grosse G. et al. The use of CORONA images in remote sensing of periglacial geomorphology: an illustration from the NE Siberian coast. Permafrost and periglacial processes. 2005. 16: 163–172.

7. Günther F. et al. Short- and long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region. Biogeosciences, 2013. 10: 4297–4318.

8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A., Eds. IPCC. Geneva, Switzerland, 2014. P. 151 [Электронный ресурс]. URL: http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (дата обращения: 15.04.2019).

9. Jones B.M. et al. Quantifying landscape change in an arctic coastal lowland using repeat airborne LiDAR. Environ Res Lett. 2013. 8: 045025.

10. Koci J. et al. Assessment of UAV and ground-based Structure from Motion with multi-view stereo photogrammetry in a gullied savanna catchment. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017. 6(11): 328

11. Lantuit H. et al. The Arctic Coastal Dynamics database: A new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines. Estuaries Coasts. 2012. 35: 383–400.

ОПЫТ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ КАТАСТРОФ

В.Г. Сойер
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

Южный научный центр РАН, созданный в декабре 2002 года как региональное подразделение Российской академии наук, объединил исследовательские группы из разных городов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. В течение нескольких лет ЮНЦ сформировал вполне деятельные научные группы и оснастил их современным аналитическим оборудованием как для научных целей, так и для техногенных приложений, в том числе для проблем регионального характера, особенно чрезвычайных. ЮНЦ обеспечен также автотранспортом и морскими судами для экспедиций на реках, озёрах и морях – Азовском, Чёрном и Каспийском.

Катастрофа в Керченском проливе 11 ноября 2007 г. При штормовой погоде в Керченском проливе потерпели крушение нефтеналивные танкеры и сухогрузы – всего 6 морских судов. В воды пролива попало около 2000 т мазута, 45 т горюче-смазочных материалов и более 6 тыс. т пластичной серы. В первые дни катастрофы нефтепродукты достигли в короткий срок побережья Таманского полуострова, поскольку крушения кораблей случились в непосредственной близости от берега на расстоянии от 2 до 15 км. В результате побережье Таманского полуострова было замазучено на протяжении более 54 км (рис. 1). В зону катастрофы были направлены специалисты ЮНЦ РАН для организации наблюдений, оценки степени неблагополучия территорий полуострова и акваторий пролива. Мазут как сложная смесь химических соединений включает практически нерастворимые в воде компоненты, доля растворимых весьма невелика. Плотность разных видов мазута несколько ниже, чем вода, поэтому при попадании нефтепродуктов в природные воды они плавают по поверхности вод.

При разливе мазута в Керченском проливе наиболее трудоемкими работами оказалось удаление замазученных песков, почв и растений, что впоследствии было полностью выполнено региональными органами (вывоз на выделенные площадки). В прибрежных водах Таманского полуострова с небольшими глубинами в осенне-зимний период постоянно собираются массовые стаи водоплавающих перелётных птиц. Но в ноябре 2007 г.

сюда ветром нагнало большое количество мазута, и он лишил птиц способности плавать на воде и взлетать вследствие слипания перьев. Как результат большая часть птиц погибла, а менее пораженные особи оставались на поверхности, не способные взлететь. Орнитологи ЮНЦ смогли спасти часть птиц, обрабатывая их растворителями мазута. Из-за большого количества поврежденных птиц орнитологам пришлось передавать их на обработку также и местному населению.

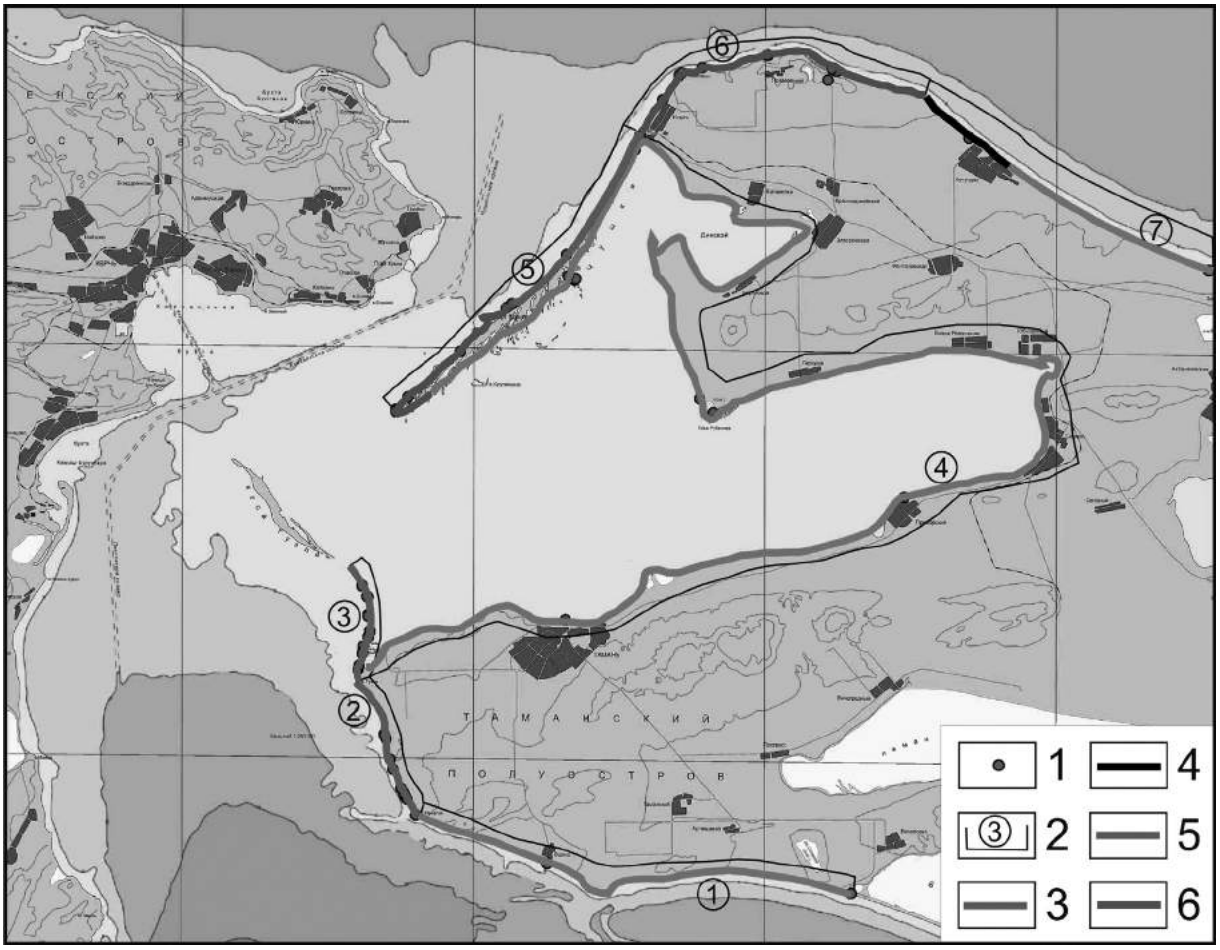


Рис. 1. Схема загрязнения побережья Таманского полуострова: 1 – точки наблюдения; 2 – участки обследования побережья и их номер; 3 – загрязнение побережья мазутом отсутствует; 4 – незначительное загрязнение (1 балл); 5 – умеренное загрязнение (3 балла); 6 – сильное загрязнение (4 балла)

По расчету попавшей в воду нефти (~ 2000 тонн) и объема вод в пределах пролива (4,56 км^3) концентрация нефтепродуктов в воде ожидается в среднем 0,44 мг/л. По результатам измерений концентрация нефтепродуктов в месте катастрофы составила 2,5 мг/л при ПДК 0,05 мг/л (все измерения концентрации нефтепродуктов выполнялись их извлечением из морских вод четырёххлористым углеродом и количественными измерениями концентратомером КН-2 м). Аналогичные результаты были отмечены в районе Клайпеды в Балтийском море 1,3–2,5 мг/л. По данным регулярных измерений в Керченском заливе, загрязненность вод пролива в течение первого месяца после аварии снизилась вдвое. В дальнейшем было выполнено еще 9 экспедиций, и в течение года загрязнение вод нефтепродуктами снизилось до фонового состояния.

Пластическая сера. Попадание всех шести тысяч тонн серы в морскую воду является уроном товара, производимого Астраханским газоконденсатным комплексом. Это химически нейтральные плотные гранулы желтого цвета, состоящие чисто из серы с плотностью 2,07 г/см^3, т.е. более чем вдвое тяжелее воды. Пластическая сера химически нейтральна и только благодаря своей повышенной плотности постепенно уходит в более глубокие слои донных отложений.

Железнодорожная авария в Белой Калитве 9 мая 2013 г. Товарный поезд из 100 вагонов при превышении скорости на крутом повороте в районе центра города и пассажирского вокзала сошел с рельсов с опрокидыванием вагонов (рис. 2). В половине состава – цистерны с постным маслом ростовского производства, в остальной половине – разные товары, в том числе опасный метиленхлорид. Задача – обнаружить места разлива этого

химиката для уничтожения или нейтрализации. Молекулярная формула метиленхлорида – CH_2Cl_2, плотность его насыщенных паров 1,77 г/л, т.е. почти в 1,5 раза тяжелее воздуха, и при разливе метиленхлорида его пары оседают у земной поверхности. В промышленности метиленхлорид используется в качестве хладагента (в составе фреонов). Предельно допустимая концентрация метиленхлорида в воздухе рабочей зоны составляет 50 мг/м^3.

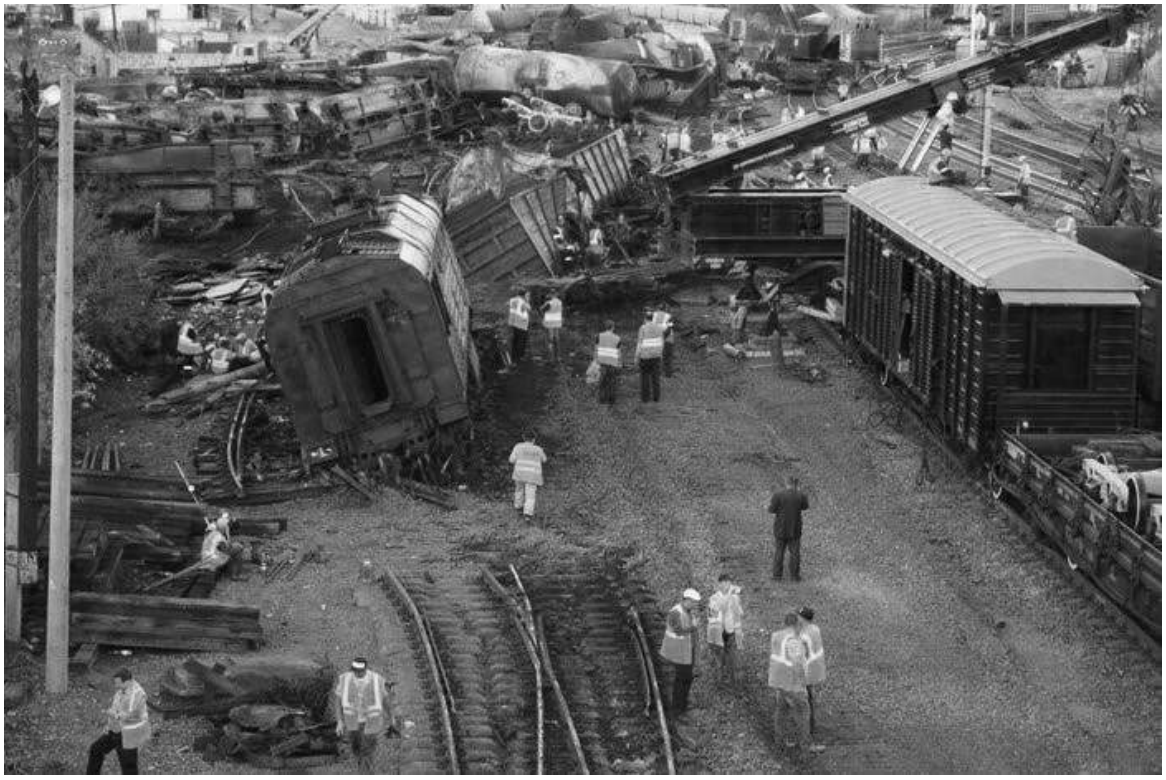


Рис. 2. Ремонтные работы на ст. Белая Калитва в мае 2013 г.

Для обнаружения метиленхлорида в почве использовали метод хроматомасс-спектрометрической идентификации и количественного определения. Применяли прибор 5975C фирмы Agilent Tecknologies. Работали в режиме хроматографического ввода проб с программированием температуры в диапазоне 40–120 °C при температуре инжектора +200 °C, детектора +230 °C. Калибровку измерений метиленхлорида проводили по насыщенному пару в герметично закрытом сосуде. Пробы почвы для анализа отбирали в пластиковые сосуды объемом 50 мл, оставляя под пробкой воздушную прослойку для отбора паров метиленхлорида (рис. 3). Сосуды герметизировали и при доставке в лабораторию пары над почвой отбирали шприцем, не нарушая герметичности, после чего вводили в анализатор. Прибор использовали также для обнаружения и идентификации других соединений, содержащихся в почве района бедствия. Важно отметить, что по результатам масс-спектрометрической регистрации (табл. 1) метиленхлорид в проанализированных пробах был обнаружен повсеместно, но на низком уровне и существенно ниже ПДК (50 мг/м^3). Только две пробы (№ 1 и 16) выделялись по повышенной концентрации метиленхлорида на более высоком уровне, но ниже ПДК.

Рис. 3. Отбор проб загрязнённого грунта

Таблица 1. Результаты масс-спектрометрического анализа равновесной концентрации летучих соединений, выделяемых из почвы в районе аварии

Номер пробы	Метиленхлорид, мг/м³	Перечень других идентифицированных соединений
ПДК	50	
1	4,4	–
2	0,9	–
3	1,8	пентан, пентаналь, бутаналь, 1-пентанол, гексаналь, пентиловый эфир муравьиной кислоты
4	0,9	то же плюс гексановая кислота
5	0,5	–
8	1,5	–
11	0,7	–
14	1,5	–
16	18	–
21	0,9	пентан, гексан, октан, пропионовый альдегид, 1-бутанол, ацетон, изобутиловый эфир щавелевой кислоты, 3-метилгептан, диметилбутан
23	0,9	–
45	1,5	тетрагидропиридазин, диметилгептан, диметилдодекан

Примечания: прочерк в третьей колонке означает, что в почве анализировавшихся образцов кроме метиленхлорида других веществ в значимой мере не обнаружено; идентификация соединений, указанная в третьей колонке, выполнена в автоматическом режиме самим хроматомасс-спектрометром по обширной базе данных.

По результатам масс-спектрометрического анализа (табл. 1), в четырех пробах почвы зарегистрированы соединения, выделяющиеся в газовую фазу в достаточном для идентификации количестве. В основном это две группы соединений – алканы, входящие обычно в состав углеводородного топлива (пентан, гексан, октан, диметилгептан, диметилдодекан), и окисленные углеводороды, появляющиеся обычно в процессах биохимического расщепления разнообразных органических соединений, прежде всего, пищевых продуктов. Окисленные соединения в большинстве обладают характерным запахом. Одно из таких соединений – бутаналь, или масляный альдегид, – появляется в процессе окисления пищевых жиров, придавая им характерный запах прогорклого масла. Содержание бутаналя нормируется в пищевых продуктах, в частности, в растительном масле по ПДК = 0,015 мг/кг.

Таким образом, измеренные концентрации метиленхлорида не вызывают опасности для здоровья людей. Однако насыщение воздуха альдегидами – окисленными компонентами постного масла – опасны при долгом пребывании в зоне крушения поезда, что подтверждается жестким нормативом предельного содержания.

Цветение синезеленых водорослей. Синезеленые водоросли обитают в большинстве водоемов и водотоков южного региона России. Бурное цветение этих водорослей ухудшает состояние вод своим избыточным ростом (пример – забитые водозаборы городского водоканала в Волгодонске на Цимлянском водохранилище), появлением неприятных газов при отмирании водорослей (например, жалобы жителей на Дону в западной части г. Ростова с характерным названием бывших хуторов – Нижне- и Верхнегниловского). Однако более важно учесть, что синезеленые водоросли обладают опасным свойством – генерацией токсичных соединений, действующих на человека. Пути отравления – питье непосредственно из водоема, потребление рыбы, купание в водоеме. Отравление синезелеными водорослями может протекать в нескольких клинических формах, в том числе желудочно-кишечной, кожно-аллергической, мышечной и смешанной.

При попадании токсинов синезеленых водорослей в водопроводную сеть возможны вспышки эпидемического токсического гастроэнтерита, протекающего по типу дизентерии или холероподобного заболевания. Основные симптомы: тошнота, боли в желудке, спазмы кишечника, рвота, диарея, головная боль, боли мышцах и суставах. При кожно-аллергической форме появляется дерматит, зуд, набухание и гиперемия слизистой глаз, реакции со стороны дыхательных путей по типу бронхиальной астмы.

В числе распространенных токсинов синезеленых водорослей в водах низовий Дона встречаются афлатоксин, микроцистин, нодулярин, анабенатоксин. Всемирная организация здравоохранения установила предварительный норматив содержания микроцистина-LR в питьевой воде 1 мкг/л. В ЮНЦ РАН определили, что содержание анатоксина-а в низовьях Дона достигает в концентрациях не менее 1,7 мкг/г сухой массы тростников. Концентрации токсинов в воде обнаружены в пределах 0,01–0,1 мкг/л, т. е. в опасных для здоровья количествах. В 2009 г. в Цимлянском водохранилище в период массового развития синезеленых водорослей были зарегистрированы указанные альготоксины (рис. 4).

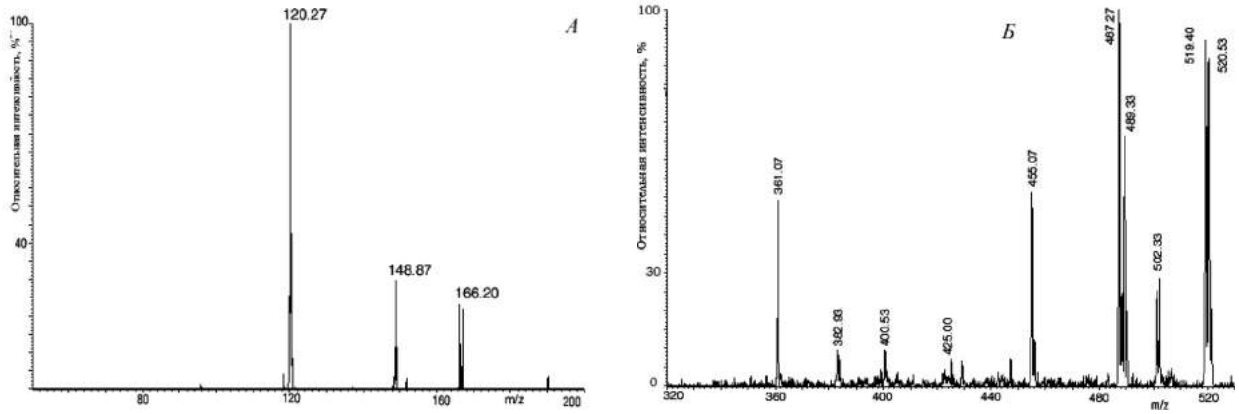


Рис. 4. Масс-спектр анатоксина-а (А) и микроцистина-RR (Б), полученные методом ВЭЖХ/МС в режиме электроспрея и MC^2 для положительных ионов с m/z = 166 (А) при напряжении 30 В и m/z = 520 (Б) при напряжении 35 В соответственно

По полученным нами сведениям, медицинские службы нашего региона не регистрируют заболевания, вызываемые синезёлеными водорослями. Отметим, что наши коллеги в прибалтийских районах достаточно осведомлены об опасностях действия альготоксинов, пользуются собственными приемами лечения и при необходимости помощью врачей. Таким образом, в наших условиях возможны неверные диагнозы и несоответствующие приемы лечения.

ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Г.В. Тлявлина, Р.М. Тлявлин
Филиал АО ЦНИИС «НИЦ "Морские берега"», г. Сочи
TlyavlinaGV@Tsniis.com

Имеретинская низменность расположена в Адлерском районе г. Сочи между устьями рек Мзымта и Псоу. Низменность хорошо освоена и с 2007 г. подверглась еще более сильному антропогенному изменению в результате строительства порта и объектов инфраструктуры зимней Олимпиады 2014 г.

Береговая линия низменности протяженностью 7,8 км представляет собой чередование выдвинутых в море мысов, таких как Константиновский и Имеретинский, и слегка врезанных бухт, наибольшей из которых является Имеретинская. Отличительной особенностью рассматриваемого участка берега является наличие узкого и приглубого шельфа, расчлененного густой сетью эрозионных ложбин, объединенных в пять систем каньонов, две из которых приурочены к устьям рек Мзымта и Псоу, две располагаются напротив мысов Константиновский и Имеретинский, и одна система каньона Новый, верховье центрального русла которого активно продвигается в сторону берега [Ярославцев и др., 2016] (см. рис. 1).

До строительства порта Сочи Имеретинский в 2008 г., который разместили юго-восточнее устья р. Мзымта, относительная стабильность галечного пляжа в пределах Имеретинской низменности обеспечивалась в основном за счет твердого стока реки. Берег вблизи устья за последние 40–50 лет выдвигался в море, а на участке от каньона Новый до Константиновского мыса, на протяжении около 1 км, отступал, при этом здесь сохранялся пляж шириной 25–35 м. От мыса Константиновский и до устья р. Псоу лежал пляж шириной 30–60 м [Ярославцев и др., 2011].

Проблема мониторинга опасных природных процессов территории Имеретинской низменности начала вырисовываться еще с 2011 г. Цель проведения мониторинга – оценить ход береговых процессов на участке междуречья Мзымта – Псоу до начала строительства гидротехнических и берегозащитных сооружений, в процессе строительства и при их эксплуатации для выявления на начальных стадиях опасных литодинамических процессов. В состав работ при этом предполагалось включить следующие:

- проведение замеров ширины пляжа каждый месяц и после прохождения штормов, вызывающих переформирование пляжей;
- отбор проб на механический анализ, выполнять через каждый километр пляжа 1 раз в 6 месяцев;
- проведение топосъемки надводной части пляжа до глубины 1 м два раза в год после строительства берегоукрепительных сооружений;
- проведение батиметрической съемки 1 раз в квартал во время строительства и 2 раза в год после завершения строительства берегоукрепительных сооружений;
- водолазное обследование дна до глубины 20 м с отбором проб на механический анализ один раз в полгода и после прохождения штормов свыше 6 баллов по створам, расположенным через 1 километр;
- водолазное обследование вершин каньонов Новый и Константиновский с целью оценки их динамики;
- оценка литодинамических процессов, действенности принятых проектом мероприятий инженерной защиты;
- проверка, уточнение, корректировка оценок и прогнозов литодинамических процессов.

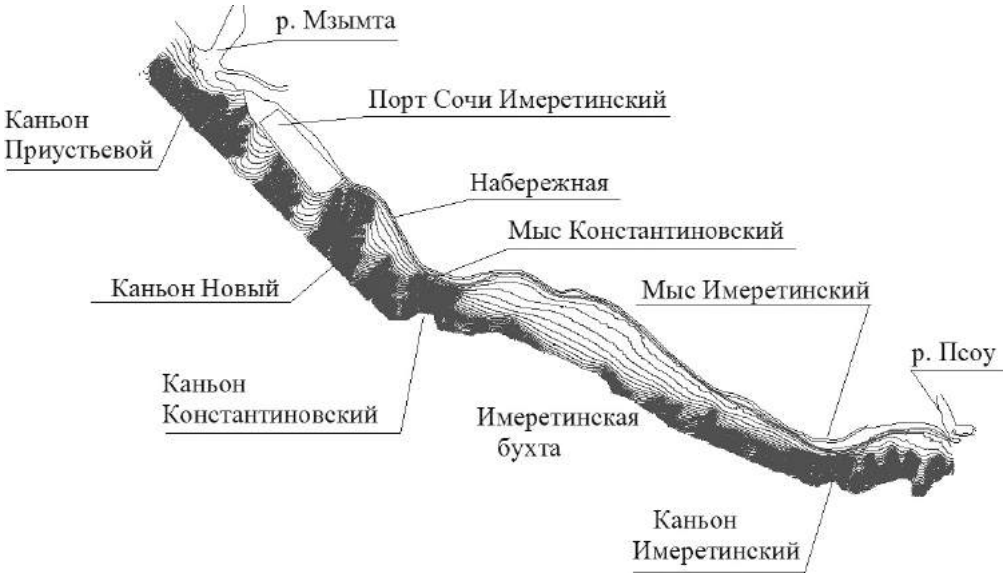


Рис. 1. Берег междуречья Мзымта – Псоу

Сроки выполнения работ по мониторингу предполагались с начала строительства объекта и до стадии стабилизации процессов взаимодействия гидротехнических сооружений с литодинамической системой, но не менее 5 лет после окончания строительства.

Филиалом АО ЦНИИС «НИЦ "Морские берега"», совместно с ГОУ ВПО МГСУ были разработаны программы и проекты как литодинамического мониторинга, так и мониторинга безопасности берегозащитных сооружений на участке берегоукрепления Имеретинской низменности. В основу программы был положен многолетний опыт проведения научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ в области морской берегозащиты. Стоимость работ по мониторингу оценивалась в 23,5 млн руб. в период строительства сооружений и по 8 млн руб. за каждый последующий год. Проведение такого мониторинга позволило бы выявить проявление опасных природных процессов на начальных стадиях и предотвратить разрушение сооружений.

Но ни проведенные научно-исследовательские работы [Тлявлин и др., 2011; Тлявлин и др., 2012], ни публикации в СМИ [Петров и др., 2012; Ярославцев и др., 2018] не смогли убедить ответственных лиц обратить внимание на опасные литодинамические процессы Имеретинской низменности. Как следствие, после возведения оградительных молов порта, а в последующем набережной и берегозащитных сооружений, существовавший ранее между каньоном Новый и мысом Константиновский галечный пляж на участке берега восточнее порта был полностью размыт (рис. 2).

Зона размыва пляжа продолжает смещаться в восточном направлении и в настоящее время прослеживается на удалении более 1 км от порта. Следует ожидать, что граница размыва пляжа будет смещаться в восточном направлении в сторону устья р. Псоу. Для защиты построенной набережной и возведенных берегозащитных сооружений от волнового воздействия и исключения переливов воды возведены волногасящие бермы из крупного камня разной высоты, размещаемые в основном перед упорным поясом. Несмотря на проведенные мероприятия, появились деформации бетонного откосного крепления (рис. 3 и 4).

Рис. 2. Размыв пляжа на участке берега южнее порта. Август 2011 г.

Рис. 3. Просадка откоса берегозащитного сооружения

Рис. 4. Деформация парапета набережной и ее просадка. Ноябрь 2017 г.

Возведенный для защиты набережной комплекс сооружений, включающий упорный пояс и наклонное бетонное крепление, не смог исключить во время штормов переливов воды через ее парапет. При этом сами берегозащитные сооружения под воздействием волн начали разрушаться. Неоднократные отсыпки пляжеобразующего материала оказались неэффективными. В ближайшее время следует ожидать дальнейших разрушений возведенных берегозащитных конструкций.

В 2017 г. НПЦ «Берегозащита» совместно с Филиалом АО ЦНИИС «НИЦ "Морские берега"» были выполнены работы комплекса мероприятий по мониторингу объекта «Инженерная защита территории Имеретинской низменности», где заказчиком выступило ГБУ Краснодарского края «Управление по эксплуатации и капитальному строительству гидротехнических сооружений Краснодарского края». Объектом исследований в данной работе были сооружения инженерной защиты территории Имеретинской низменности. Однако вопрос литодинамического мониторинга по-прежнему остается открытым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров В.А., Ярославцев Н.А. Береговые процессы в зоне подводных каньонов междуречья Мзымта – Псоу // Морские берега – эволюция, экология, экономика: мат-лы XXIV Международной береговой конференции. Туапсе, 1–6 октября 2012. С. 274–277.

2. Тлявлин Р.М., Тлявлина Г.В., Дроботько С.Ю. Физическое моделирование взаимодействия волнения с проектируемыми берего-укрепительными сооружениями Имеретинской низменности // International journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2011. 7(2). 112–116.

3. Тлявлин Р.М., Ярославцев Н.А., Тлявлина Г.В., Петров В.А. Имеретинская низменность. Проблемы берегозащиты // Гидротехника. 2012. № 4(29). С. 46–49.

4. Ярославцев Н.А., Петров В.А., Кириленко А.П. Динамика береговой зоны Имеретинской низменности // International journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2011. 7(2). 126–131.

5. Ярославцев Н.А., Петров В.А., Сафьянов Г.А. Динамика пляжей морского края Имеретинской низменности в междуречье Мзымта – Псоу (Черное море) // Сложные системы. 2018. № 1 (26). С. 37.

6. Ярославцев Н.А., Сафьянов Г.А., Петров В.А. Морфодинамика системы подводных каньонов морского края Имеретинской низменности (Чёрное море) // Сложные системы. 2016. № 1(3). С. 3–26.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. СЕВАСТОПОЛЯ

В.В. Трачук
Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в городе Севастополе, г. Севастополь
boxer_98@mail.ru

Береговая зона – динамично развивающееся природное образование, на ее формирование оказывают влияние климатические факторы, гидродинамические условия водоема, геолого-геоморфологические условия побережья, техногенные факторы и др. С изменением уровня Мирового океана в условиях глобального потепления климата и ростом численности населения, ежегодно увеличивающим нагрузку на береговую зону, проблема изучения динамики береговых границ морей как в России, так и за рубежом, становится особенно актуальной.

Цель работы заключалась в изучение строения, особенностей береговой зоны и происходящих процессов при помощи существующих инструментальных и расчетных методов исследования для последующего мониторинга (на примере северного побережья территории г. Севастополя)

Полевые работы проводились кафедрой географии Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе совместно с геологическим факультетом МГУ в период с 27 мая по 5 июня 2018 г. в Немецкой балке.

Немецкая балка расположена к югу от поселка Кача (2 км) и к северу от г. Севастополь (12 км) на Гераклейском полуострове. Это засушливая долина с множеством временных водотоков и задернованными склонами. В нее входят отроги Тарханкутской возвышенной равнины, для которой характерны известняково-глинистые морские береговые обрывы высотой 20–30 м. Абразионный берег – обрывистый, с клифом высотой до 15 м. Он сложен покровными галечниками, в нижней части – лессовидными суглинками. Абразия достигает 0,5–1,0 м^3/год. Пляжи в этом месте имеют относительно большую ширину (до 20 м), однако существует долговременная тенденция их уменьшения.

При проведении полевых изысканий использовался комплекс инженерно-геологических и геодезических методов:

– геодезические методы: геопозиционирование при помощи GPS, лидарная съемка;
– геофизические методы: электротомография, метод зондирования становлением поля в ближней зоне (далее – ЗСБ).

Метод ЗСБ основан на изучении становления электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля в массиве горных пород при подаче прямоугольных импульсов постоянного тока в незаземленную петлю [Исаев, 2018]. На практике был использован прибор TEM-FAST с незаземленной токовой петлей с размерами 25×25 м.

Электротомография – высокоразрешающая электроразведка методом сопротивлений, основанная на использовании постоянного тока. Основой метода является то, что электрическое поле, наблюдаемое на поверхности Земли при пропускании электрического тока через заземленные электроды, зависит от распределения удельного электрического сопротивления в некоторой области разреза вблизи установки [Бобачев, 2006]. Для измерений использовалась следующая аппаратура: электроразведочный комплекс, состоящий из генератора и измерителя; управляемый коммутатор, подключенный к двум одноканальным косам, к каждой из которых отводами подключены по 24 электрода. Шаг проложения кос по профилям составлял 2,5 м.

При помощи вышеперечисленных геофизических методов были получены геоэлектрические разрезы (профиля) обоих бортов Немецкой балки и по имеющимся данным бурения определена вертикальная структура грунтов и их условия залегания.

Метод ЗСБ относится к глубинной электроразведке (реальная глубинность – первые километры, так как дальнейшее ее увеличение приводит к резкому увеличению затрат на создание установок) и может дать сильные искажения подповерхностного слоя изучаемой толщи. И для таких задач применение электротомографии, имеющей большее разрешение, будет более целесообразным.

Комплекс геодезических методов использовался для определения пространственных характеристик рельефа местности (площади, объемы, крутизна и ориентация склонов и др.).

Лидар (Lidar – Light Identification, Detection and Ranging) – это технология получения и обработки информации дистанционного зондирования с помощью активных оптических систем (лазеров), использующих в том числе явления отражения света от поверхности Земли с проведением высокоточных измерений X, Y, Z координат (desktop.arcgis.com/). В результате лидарной съемки Немецкой балки было получено облако точек

сканирования с 40 станций. В ходе работ были отсняты береговая линия длиной около 350 метров с клифами, дно балки, левый задернованный и правый, подверженный антропогенному воздействию (террасированный), борта балки. После фильтрации данных сканирования от растительности была построена цифровая модель рельефа. Располагая также данными за предыдущий год, удалось совместить две модели и проследить произошедшие изменения рельефа береговой зоны в результате экзогенных процессов и антропогенного вмешательства.

Для привязки всех полученных геодезических и геофизических данных и сведения их в единую географическую систему координат проводилось геопозиционирование станций лидарной съемки и профилей ЗСБ и электротомографии при помощи DGPS, что позволило сравнить данные, полученные различными методами для одних и тех же точек.

В качестве вывода можно заключить, что работы, проведенные в районе Немецкой балки при помощи вышеперечисленных методов, при их комплексировании позволяют получить довольно полную картину береговой зоны. Методы ЗСБ и электротомографии совместно с данными колонкового бурения позволяют изучить земную толщу, уточнить геологическую структуру грунтов до определенных глубин, однако практически не учитывают неровностей земной поверхности. В то же время при помощи лидарной съемки была получена цифровая модель рельефа, позволяющая более подробно изучить различные морфометрические параметры и характеристики береговой зоны: форму и высоту клифа, ширину пляжа и другие. Таким образом, в процессе работ была получена трехмерная поверхностная и внутренняя структура береговой зоны, изучены ее основные геолого-геоморфологические характеристики, что в дальнейшем позволит проводить мониторинг данной местности.

ВЛИЯНИЕ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Ю.Д. Шуйский
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Одесса, Украина
physgeo_onu@ukr.net

Любое антропогенное нарушение природного режима развития береговой зоны моря вызывает перестройку береговой системы. Подобное влияние может привести как к положительным, так и к отрицательным последствиям. Необходимо их предвидеть в процессе мониторинга и поддерживать гармоничное взаимодействие между портовыми гидротехническими сооружениями и элементами морского побережья.

Цель работы состоит в оценке влияния портовых и берегозащитных сооружений как форм рельефа разных типов на природу береговой зоны Черного моря и возможное ее преобразование. Для достижения этой цели следует решить ряд задач: а) выполнить описание основных портовых и берегозащитных гидротехнических сооружений; б) проанализировать окружающие физико-географические условия, в которых построены и эксплуатируются портовые и берегозащитные сооружения; в) оценить влияние окружающих условий на исследованные сооружения; г) выполнить анализ изменений береговой зоны моря под влиянием искусственных сооружений, что требует изменения организационного статуса антропогеоморфологии; д) попытаться установить хотя бы первоначально некоторые положения концепции теории антропогеоморфологии и антропогеографии в целом.

В этой связи объектом исследований является освоенная хозяйственной деятельностью береговая зона Черного моря в пределах Украины с разнообразными природными факторами и процессами, на которые влияет техногенная деятельность. Предметом исследований является анализ и физико-географическая оценка взаимовлияния основных портовых и ряда берегозащитных сооружений разных типов и разных компонентов природы береговой зоны. Автор исходит из того, что для береговой зоны инородными являются все гидротехнические сооружения. Они становятся на пути сложившегося веками режима естественного развития береговой зоны со всеми ее элементами, волнами, течениями, колебаниями уровня моря, формированием наносов и их распределением в береговой зоне, появлением и изменчивостью абразионных и аккумуля-

тивных форм рельефа и проч. Приводятся примеры по морским портам Очаков, Южный, Одесса, Ильичевск, Белгород-Днестровский, Усть-Дунайск, Сулина. Одновременно данная работа обобщает наглядный опыт строительства и эксплуатации сооружений, взаимовлияние их и природы, верифицирует отдельные положения инженерной географии и береговедения. Следовательно, данная работа имеет важное общетеоретическое значение.

Данная тема является важной для оценки искусственно созданных форм рельефа в береговой зоне и особенностей их влияния на окружающую природу. В настоящее время береговая зона как притягательная для людей и обладающая ценными ресурсами, прежде всего бальнеологическими, активно застраивается, заполняется виноградниками, засевается техническими и зерновыми культурами. Береговые территории переходят в частную собственность. Расширяются особенно прибыльные предприятия, в том числе и морские порты. Они занимают большие площади береговой зоны: как надводные, так и подводные. Их строительство коренным образом преобразует морской берег и подводный склон, как, например, в Сухом и Малом Аджалыкском лиманах. Поэтому портовые сооружения оказывают сильное влияние на окружающую природу и требуют специального анализа в условиях активизации антропогенного фактора и современных изменений климата. С позиций современной географии, навигации, экологии и береговедения до сих пор считаем наиболее полным научный анализ, выполненный Н.А. Айбулатовым [1; 2]. Он показал такое множество проблем, связанных со строительством, расширением и эксплуатацией морских портов, что только одно их перечисление не поместится во весь объем данных материалов. Поэтому нашу работу целесообразно посвятить наиболее актуальной теме: порты как дестабилизаторы берега и подводного склона в украинской части Черного моря.

К тому же в специальной литературе стали появляться результаты исследований по антропогенной геоморфологии. Речь не только о характеристике отдельных искусственных форм рельефа, в том числе и в береговой зоне моря. Накопилось столь большое количество разнообразных описаний, аналитических и оценочных работ, сравнений, указаний на взаимовлияние искусственного и естественного рельефа, что напрашивается необходимость широких обобщений, выработки определенной теории, решения методологических задач и оформления теории антропогенной геоморфологии. Считаем, что на пути к этому сегодня еще вполне допустимы соответствующие разработки.

Данная оценка имеет важное практическое значение для обоснования местоположения порта, выбора конструкции, разработки методов и правил эксплуатации сооружений разных типов для оценки изменений природы береговой зоны под влиянием портовых и берегозащитных сооружений (искусственных форм рельефа). Поэтому тема работы имеет важное практическое значение.

Морские порты на побережье Черного моря являются наиболее крупными гидротехническими сооружениями. В этой связи они оказывают наиболее сильное влияние на природный режим береговой зоны моря и побережья в целом. Сооружения этого типа представлены выемками портовых гаваней, причалами, оградительными волноломами, защитными от заносимости шпорами, подходными каналами, траверсами и проч. На исследованном нами побережье морские порты расположились либо в открытых заливах (бухтах), либо в закрытых лиманах (рис. 1). Для всех характерны разнообразные изменения рельефа берегов и подводного склона, который меняется чаще всего и в наибольшей степени. К тому же порты, занимая определенную площадь берега и подводного склона, исключают из числа потенциальных природных ресурсов их определенную часть. Эта часть тем больше, чем больше размеры портовых положительных и отрицательных форм берегового и подводного рельефа.

Большинство портовых акваторий («ковшей») частично или полностью ограждены от остальной части моря искусственными формами рельефа – молами и волноломами, как, например, гавани порта Очаков или торговый порт Одесса (рис. 2, *4*). Этим нарушается рельеф подводного склона, который становится более изрезанным, с более высокими перепадами глубин. Естественный рельеф превращается в искусственный (свалки грунта, каналы, бетонные и каменно-набросные оградительные сооружения на дне моря, надводные молы, причалы, искусственная грунтовая терраса, световые знаки). Наивысшие отметки приурочены к вершинам маяков на абразионных берегах (Одесский маяк на м. Большой Фонтан), а наиболее низкие – к ковшам портов и к днищу наиболее глубоких навигационных каналов. Все порты, кроме дунайских, работают в условиях влияния острого дефицита наносов, а на смежных берегах доминируют глинистые клифы и бенчи, местами с прослоями известняка-ракушечника. Основная часть аккумулятивных форм представлена пересыпями, косами и террасами. Все исследованное побережье Черного моря подвержено доминирующему влиянию ветров со стороны суши, а с продвижением от Днестровского лимана на юго-запад постепенно усиливается влияние ветров от северо-востока и востока.

В мировой практике бухтовые берега являются идеальным вариантом превращения бухт в портовые акватории. Они обеспечивают максимальную защиту порта от вредного влияния ветров и ветровых течений. Но

исследованное побережье несет на себе минимум бухт, и они уже заняты портами, как, например, Одесский залив, Днепровский лиман и Жебриянская бухта. Доминируют выровненные абразионно-аккумулятивные берега. Причем ряд аккумулятивных форм отделяют от моря акватории лиманов, в прошлом ингрессионные заливы эрозионного происхождения на равнинном побережье. Сегодня их большинство отчленено от моря пересыпями разных типов, и они существуют в виде мелководных лиманов. Интересы экономики, развитие судоходства, рост грузооборота заставили использовать лиманы в качестве портовых акваторий, даже несмотря на повышенную емкость выполняемых работ. Именно такие решения привели к необычайно сильному изменению морского побережья.

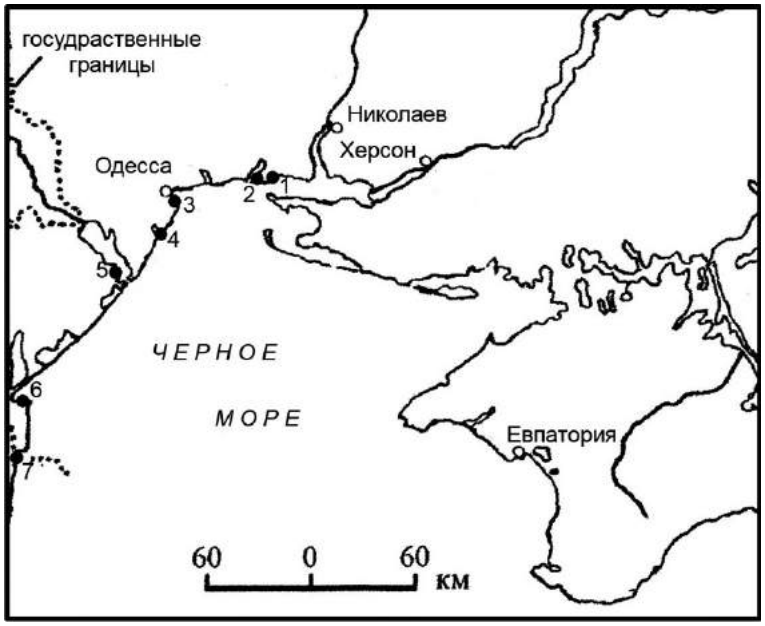


Рис. 1. Расположение морских портов на отмелом изученном побережье Черного моря: 1 – Очаков, рыбная гавань; 2 – п/п Очаков; 3 – Южный; 4 – Одесса; 5 – Ильичевск; 6 – Белгород-Днестровск; 7 – Усть-Дунайск

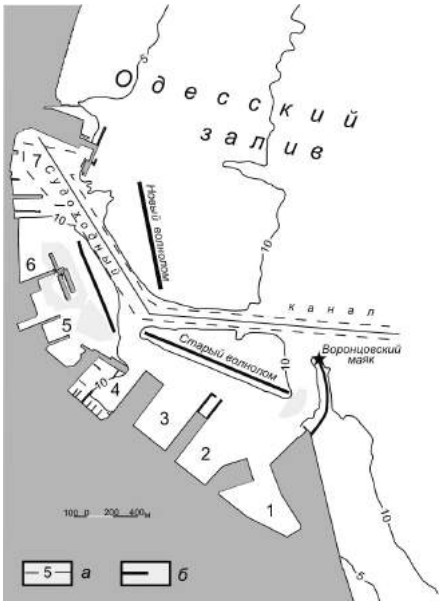


Рис. 2. Основные гидротехнические сооружения Одесского морского порта

В результате глубины в небольших лиманах были повсеместно вычерпаны, а возросли с 2–3 м до 14–18 м после полнейшего преобразования. Из портового ковша были вычерпаны миллионы кубических метров грунтовой массы. К ним добавились массы породы из канала сквозь пересыпь из лимана в море. В итоге возникла острая проблема утилизации грунтовой массы; ведь сопредельная суша занята мощными плодородными черноземами, особым природным богатством. И засыпать его слоем бросового грунта нецелесообразно, вредно. Обломки пород, в т. ч. и скальных, способны оказать огромное загрязняющее влияние как на морское дно, так и на берег. Такая опасность заставила одесских ученых и инженеров принять нестандартные меры, например в порту Южный земляные массы стали складировать в виде отвалов осадочного материала на прибрежном дне и массы обломков скальных пород на берегу в виде террасы. Оба эти образования были рассчитаны на волновую переработку и сильный размыв, а потому стали источниками береговых наносов. Громадный излишек естественного грубообломочного скального материала с преобразованных склонов Малого Аджалыкского лимана (где находится порт) был рекомендован для создания системы наносообразующих берегозащитных террас [3]. Фронтальные склоны размыва этих террас планировались для заселения моллюсками-фильтраторами и водорослями – поглотителями загрязнений. Штормовая переработка склонов продуцирует пляжеобразующие наносы. Сами террасы защищают природный клиф от абразионно-оползневых явлений и одновременно служат для размещения рекреационной инфраструктуры и малых архитектурных форм.

Учитывая географическое расположение и строение портовых гидротехнических сооружений, оказалось возможным получить представление о разнообразии их влияния не только на рельеф, но и на режим подземных вод, на режим эрозионных процессов, на интенсивность выветривания. Также меняется характер циркуляции воды на прибрежной акватории под влиянием ветров и волн. Например, в условиях воздействия подходных судоходных каналов и оградительных молов нарушается сложившееся в течение сотен лет движение наносов.

Особую опасность для природного обоснования портового строительства и оценки влияния портов на окружающие берега представляют самозваные «эксперты» и «общественные экологи». Обладая исключительно мощными таранными качествами и недостатком знаний, умений и квалификации, они способны нанести немалый ущерб как портовым сооружениям, так и природе окружающего побережья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А. Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. Москва: Наука, 2005. 365 с.

2. Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология берегов и шельфа Мирового океана. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1993. 304 с.

3. Shuisky Yu.D. An Experience of Studying Artificial Ground Terraces as a Means of Coastal Protection // Ocean & Coastal Management (UK). 1994. V. 22. P. 127–139.

КТО ПЕРВЫМ УЗНАЕТ ОБ ОПАСНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВОДНОЙ СРЕДЫ?

А.В. Гудимов[1], А.И. Бурдыгин[2], Е.П. Комарова[3]

[1] Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск

[2] Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова, г. Санкт-Петербург

[3] НИИ физики, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

alexgud@mail.ru

Экологический мониторинг потенциально опасных процессов в водных объектах до настоящего времени отсутствует. Каково экологическое состояние воды в данном месте сегодня, в эту неделю, в любой момент времени – нам неизвестно. Разработка системы оперативного контроля экологической безопасности водной среды является предметом наших исследований. Начальные технические и технологические наработки в данном направлении уже есть, например, подобные системы оперативного слежения уже работают на реках Германии.

Проблема в том, что экологический контроль водной среды всё еще сводится к традиционному мониторингу, то есть к довольно редкому отбору проб, по результатам которого с определенной долей вероятности можно судить о возможном изменении экологической ситуации… в прошлом! Ведь стандартный биомониторинг реагирует на изменение условий среды с неизбежным опозданием – от нескольких месяцев (при остротоксичных воздействиях) до нескольких лет (при хроническом загрязнении). Это время – инерция биосистемы (уровня популяций и сообществ), время, необходимое, чтобы биосистема изменила свои параметры (численность, биомассу, разнообразие) вследствие изменения процессов размножения или смертности.

Поэтому сегодняшние результаты биомониторинга всегда относятся к прошлому, отражая изменения среды, возникшие, как правило, несколько лет назад [Гудимов, 2014]. Например, воздействие было, но теперь опасности загрязнения больше нет, вода химически чистая, а по результатам биомониторинга мы всё еще (и, возможно, еще несколько лет) будем считать, что экосистема загрязнена. И наоборот. В итоге всегда остается неизвестным, испытывают ли в настоящее время конкретные сообщества и экосистемы какую-то экологически опасную антропогенную нагрузку (общее загрязнение, токсиканты, дампинг и др.) или вредного воздействия нет, и экосистема способна справиться с загрязнением путем самоочищения.

Не имея оперативной информации, опираясь лишь на косвенные показатели биомониторинга, относящиеся к прошлому экосистемы, человек не может объективно заключить – в данном месте «с экологией все более или менее в порядке» или нет. Это всегда лишь приблизительные качественные оценки, количественно измерить степень экологической опасности в рамках стандартных методов не представляется возможным.

Следовательно, объективно и оперативно оценить экологическую обстановку могут только сами организмы: «взгляд изнутри» на изменение условий обитания будет наиболее адекватным и объективным (если его можно получить). Причем водные животные, особенно организмы-фильтраторы, способны постоянно контролировать качество окружающей среды, рефлекторно реагируя на ее изменения в любой момент времени.

Оказывается, многие реакции организма можно отслеживать непрерывно по показателям его активности (движение, сердцебиение, фильтрация и др.) теперь уже не только в аквариумах и проточных системах, но

и в природных условиях. Технические возможности для этого уже есть, они нашли воплощение в нескольких системах непрерывного контроля качества вод.

Первой реакцией в системе реагирования организма является поведенческая – немедленный уход от опасности. За поведенческой реакцией следуют физиологические и биохимические: изменяются частота сердечных сокращений (ЧСС), интенсивность дыхания, концентрация и активность ферментов, скорости реакций и объемы их продуктов и др.

Быстрота реакции – одна из причин, почему «биологические системы раннего предупреждения» (Biological Early Warning Systems – BEWS) [Kramer, Foekema, 2001] используют в основном поведенческие реакции индикаторных организмов, прежде всего двустворчатых моллюсков. В современных условиях регистрация поведения моллюсков технически наиболее удобна и технологически надежна, что особенно важно для природных условий. BEWS уже более 20 лет работают на пресных водах Европы, стали применяться на станциях водоканала Москвы и Санкт-Петербурга.

Технической основой современного онлайн-биомониторинга является биологическая система раннего предупреждения Musselmonitor (Mosselmonitor), разработанная в Нидерландах в 1995 г. и применяемая по настоящее время [Kramer, Foekema, 2001; Mosselmonitor, 1995]. Данная установка используется как в лабораторных и стационарных, так и в природных условиях. Musselmonitor представляет собой коробчатый корпус, в котором размещены моллюски и магнитные датчики. Организмом-биосенсором в этом приборе является мидия. Поведение каждой мидии измеряется по уровню раскрытия створок и оценивается как процент раскрытия (% open). Сигнал тревоги срабатывает, когда раскрытие створок большинства моллюсков составляет менее 25 %. Основным индикатором токсичности среды является количество одновременно закрывшихся моллюсков.

Ключом к переходу от относительно простых BEWS к технологиям онлайн-биомониторинга является понимание и программное распознавание основных поведенческих реакций (шаблонов) организмов-биосенсоров.

На основе интегрированного многолетнего опыта экспериментальных и полевых исследований можно заключить, что в короткие сроки (менее 1 года) невозможно понять поведение моллюсков в природе без лабораторного тестирования. Получить правильное понимание поведенческих реакций моллюсков для разработки технологии биосенсорного мониторинга нам помогло проведение трехуровнего тестирования: лабораторного, полуприродного и полевого. Эти уровни совпадают с микро-, мезо- и макромасштабами экспериментального дизайна в целом. Тестирование краткосрочных воздействий разной интенсивности и длительных градуальных/ступенчатых изменений разных факторов среды позволило охватить практически весь спектр поведенческих реакций и перейти к мониторингу в природе. Фактически непрерывный и оперативный (онлайн) биомониторинг вырос из систем автоматического биотестирования сточной воды [Рязанов и др., 1986].

Важно подчеркнуть, что биосенсорный мониторинг (онлайн или периодический – дискретный) в природных условиях не имеет привычного лабораторного контроля. Контролем являются фоновые (базовые) данные, полученные ранее в чистых природных условиях в данном биотопе или в иных условиях, считающихся референтными. Соответственно, основной спектр фоновых поведенческих реакций моллюсков должен быть получен (и понятен) до проведения мониторинговых исследований.

Начальным этапом являются исследования поведения в постоянных условиях. В частности, было обнаружено, что в постоянных условиях аквариума средний уровень раскрытия створок у исландского гребешка остается практически неизменным (примерно 50–60 % от максимального) в течение многих часов после поимки моллюсков (рис. 1).

Рис. 1. Уровень раскрытия створок исландского гребешка в постоянных условиях (температура, соленость, аэрация, без света и пищевых частиц)

В тех же постоянных условиях поведение мидий *Mytlus edulis* принципиально отличалось от поведения гребешков (рис. 2). Оказалось, что среди исследованных баренцевоморских двустворчатых моллюсков (*Cardium*

edule, Modiolus modiolus, Mya arenaria, Mya truncata, Tridonta borealis, Mytlus edulis и *Chlamys islandica*) мидия съедобная (*Mytlus edulis*) имеет наиболее сложное и вариабельное поведение. Это обусловлено прежде всего условиями обитания. На литорали и в верхней сублиторали мидии находятся в условиях значительных колебаний целого комплекса природных факторов (соленость, температура, концентрация пищи, осушение в отлив), в то время как гребешки обитают в намного более стабильных условиях более глубокой сублиторали.

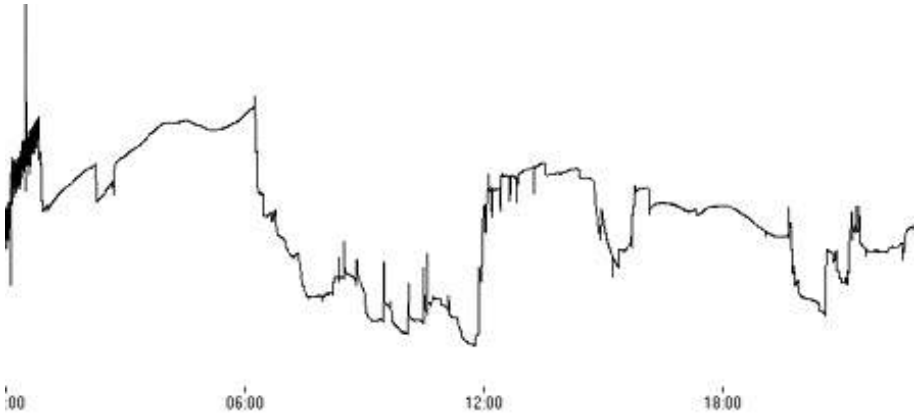


Рис. 2. Колебания в раскрытии створок мидий в постоянных (стандартных) условиях: суточная регистрация поведения моллюсков

Таким образом, обнаружение экологически опасных природных явлений и процессов зависит не только от применения новых приборов, но в значительной мере от умения читать и правильно трактовать «язык» организмов-биосенсоров. Распознавание поведенческих реакций моллюсков, лежащее в основе технологии оперативного биомониторинга, делает онлайн-биомониторинг надежным инструментом предупреждения экологических угроз на ранних стадиях их появления.

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. Kramer K.J.M., Foekema E.M. The "Musselmonitor (R)" as biological early warning system: The first decade // In: Biomonitors and biomarkers as indicators of environmental change: A handbook. Vol. II / F.M. Butterworth, M.E. Gonsebatt Bonaparte & A. Gunatilaka (eds). Kluwer/Plenum, New York, 2001. P. 59–87.

3. Рязанов А.В., Крайнюкова А.Н., Васенко А.Г. Авторское свидетельство № 2929006/28–13 СССР. Устройство для биологической оценки токсичности вод [текст] / Всесоюзный НИИ по охране вод; заявл. 02.04.1980; опубл. 07.11.1986.

4. Mosselmonitor. Generalinformation. 1995. URL: http://www.mosselmonitor.nl/Index.html (дата обращения: 15.04.2015).

СЕКЦИЯ 10

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ ПРИ РАСТУЩЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

О.Е. Архипова, Е.А. Черногубова, Т.Т. Тарасова
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
arkhipova@ssc-ras.ru

Инновационное развитие мира создает новые и дополняет существующие угрозы и вызовы безопасности и устойчивому развитию, трансформирует природу и порождает новые экологические проблемы. Россия, как и большинство других государств, сталкивается с глобальными вызовами, связанными с развитием научно-технического прогресса и его последствий. Научно-технологическое развитие Российской Федерации является одним из приоритетов государственной политики и определяется комплексом внешних и внутренних (по отношению к области науки и технологий) факторов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанных с их неэффективным использованием, ростом рисков для жизни и здоровья граждан [Стратегия … 2016].

Устойчивое развитие прибрежной зоны представляет собой объединение трех основных составляющих: экономической, социальной и экологической. Большинство исследований в этой области носит узкоотраслевой характер, в значительной мере неясны критерии мониторинга и подходы к моделированию устойчивого развития территории, что свидетельствует о недостаточно глубокой разработке проблемы в целом и необходимости ее концептуального обоснования. Тенденции научных исследований по данной тематике в основном заключаются в поиске наиболее адекватных критериев и параметров, по которым можно оценить экологическое состояние прибрежной зоны, особенности экономического развития исследуемой территории, медико-социальных процессов прибрежной зоны. Суммируя вышеизложенное, можно сделать вывод о необходимости системного подхода к оценке усточивого развития прибрежной зоны и разработке методов анализа и интеграции разнородных данных, в том числе результатов многозональных космических съемок с наземными исследованиями, данных демографического и экономического анализа для создания тематических карт, дающих дополнительную информацию об изменениях прибрежной зоны, для выявления системы индикаторов, оказывающих наиболее существенное влияние на устойчивое развитие территории.

Прибрежная зона представляет собой целостную природную и социально-экономическую территориально-акваториальную систему, объединенную сложной структурой взаимодействий. Изучению прибрежных зон придается особое значение, поскольку они в силу своего положения экологически уязвимы, характеризуются интенсивной хозяйственной деятельностью и, соответственно, подвержены значительной антропогенной нагрузке. Решение поставленной фундаментальной задачи требует применения междисциплинарного подхода и комплекса взаимодополняющих методов из различных наук.

В основу методологических подходов и прикладных методов оценки и картирования устойчивого развития территории применительно к условиям Азовского побережья положены методы системного анализа, математического моделирования, ГИС-технологий. Область интересов охватывает территорию прибрежной зоны Азовского моря. Основными задачами исследования являются анализ особенностей экологического состояния и экономического развития исследуемой территории, определение ключевых экологических и экономических индикаторов, а также выделение системы медико-социальных индикаторов.

Ключевыми индикаторами экологической составляющей являются изменение климата, качество окружающей среды, ландшафтное разнообразие, чувствительность берега, опасность возникновения природных явлений. Основные экономические индикаторы – оптимальное использование ресурсов прибрежной зоны, структурные изменения хозяйственого использования территории, оценка рекреационной емкости и привлекательности прибрежной зоны [Архипова и др., 2018]. К социальным индикаторам относятся медико-демографические и социально-демографические показатели, в том числе динамика смертности, рождаемости, продолжительности жизни, естественного и миграционного прироста, демографическое благополучие/неблагополучие территории (рис. 1), оценка демографической безопасности, уровни заболеваемости и смертности по причине загрязнения окружающей среды [Тарасова, 2018].

Изменение климата рассматривается как один из ведущих факторов, оказывающих влияние на здоровье населения наряду с такими традиционными факторами риска, как загрязнение атмосферного воздуха, питьевой воды и т. д. Влияние изменения климата на здоровье человека может быть как прямым, за счет увеличения числа дней с аномально высокими и/или низкими температурами, числа наводнений, штормов, так и косвенным, опосредованным влиянием экологических или социально-экономических факторов (увеличение площади территорий, подвергающимся затоплению, уменьшение объемов доброкачественной питьевой воды, ухудшение условий жизни населения и др.).

Прибрежные районы, которые постоянно оказываются под воздействием волн и штормов, естественно подвергаются эрозии и затоплению в различных временных и пространственных масштабах. Эти явления представляют собой угрозу для населения, человеческой деятельности и инфраструктуры, особенно в контексте изменения климата и увеличения численности населения прибрежных районов. Поэтому важно понять роль различных биологических и геофизических факторов в увеличении или уменьшении угрозы эрозии и наводнений в прибрежных районах, чтобы лучше планировать будущее развитие. В частности, важно знать, как естественные природные среды могут смягчать силы, ответственные за эрозию и наводнение в прибрежных районах, чтобы управленческие действия могли наилучшим образом сохранить защитные свойства прибрежных экосистем.

Для определения ряда экономических показателей необходимо провести анализ социально-экономических процессов прибрежной зоны, выявить изменения в структуре хозяйственного использования. Материальную базу такого исследования составляют данные дистанционного зондирования Земли. Исследование мультиспектральных космических снимков прибрежной зоны Азовского моря (Очаковской косы, Чумбурской косы, Порт-Катона, Керченского пролива, Таманского полуострова) показало, что в береговой зоне шириной 10 км значительные площади земель сельскохозяйственного назначения подвергаются запустению; наблюдается процесс развития рекреационной и транспортной инфраструктуры – особое развитие она получила на участке прибрежной зоны между Кагальником и Порт-Катоном, и транспортной инфраструктуры на Таманском полуострове (в связи со строительством моста через Керченский пролив); на территории Темрюкского района происходит непрерывное загрязнение поверхностных и подземных вод, пляжи подвержены значительной абразии под влияние природных факторов и хозяйственной деятельности человека [Патракеева, 2017].

Прибрежная зона Таганрогского залива обладает богатыми природными ресурсами, является объектом культурно-исторического наследия, а также частью рекреационной зоны «Европейский Юг России», специализирующейся на лечебно-оздоровительной рекреации и познавательном туризме. Большому рекреационно-туристическому потенциалу способствует благоприятный климат и удобное географическое положение. Азовское море, в том числе Таганрогский залив, является самым доступным по стоимости местом отдыха для многих граждан России. Схема территориального планирования рекреационных зон Таганрогского залива предусматривает выделение потенциально пригодных зон для развития инфраструктуры в целях рекреации, расширение имеющихся либо строительство новых рекреационных и других народнохозяйственных объектов. Надо отметить, что наиболее привлекательные с точки зрения районы береговой зоны Азовского моря в то же время подвержены изменениям вследствии действия опасных природных явлений. Для выявления наиболее развивающихся рекреационных районов и оценки изменения прибрежной зоны, связанной с воздействием волновых, нагонных процессов в Азовском море, необходима работа с архивными материалами прошлых лет. Использование мультиспектральных, мультивременных данных космических снимков в дополнении с полевыми исследованиями позволит получить наиболее объективную информацию о современном состоянии местности и произошедших изменениях [Архипова, Герасюк, 2018; Епринцев, Архипова, 2018;].

На данном этапе исследования проведено формирование базы социально-демографических показателей в целом по исследуемому региону и в разрезе его муниципальных районов и городских округов; проведен анализ динамики демографического развития исследуемых территорий и их современного состояния; а также определение зон демографического неблагополучия и контрольных территорий; проведена оценка демографического состояния и демографической безопасности прибрежных территорий, подверженных рискам от морских опасных явлений, на основе системы социально-демографических показателей (рис. 1).

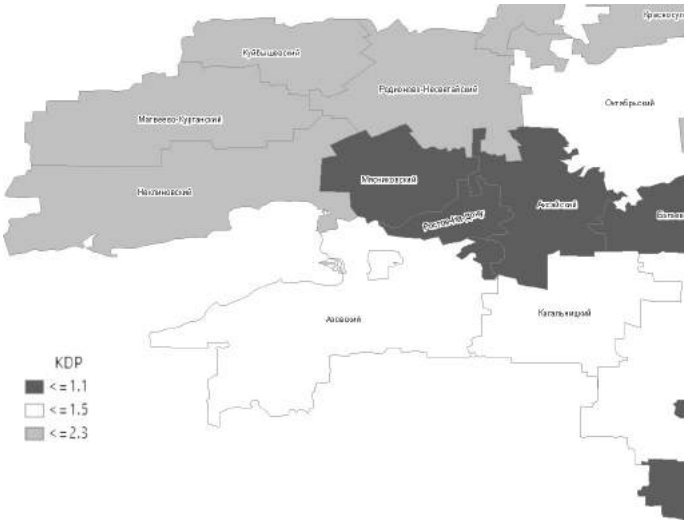


Рис. 1. Анализ демографического благополучия/неблагополучия территорий в прибрежных районах Азовского моря в 2017 г.

Согласно классификации экологически значимых заболеваний индикаторная экологическая патология отражает высокую степень зависимости состояния здоровья от загрязнения окружающей среды [Здоровье … 2010]. Злокачественные новообразования относят к индикаторным показателям здоровья с высокой степенью зависимости от качества среды обитания, поэтому рост онкологической заболеваемости часто рассматривают как гигиеническую характеристику экологического неблагополучия территории [Мусина и др., 2012].

В основе предлагаемого анализа лежит оценка встречаемости онкологических заболеваний как индикаторов воздействия на население природных, социально-экономических и техногенных изменений окружающей среды (рис. 2). Злокачественные новообразования являются индикаторной патологией, высокоинформативным и социально значимым показателем состояния здоровья популяции в целом [Архипова и др., 2014]. В качестве источников первичных данных для оценки заболеваемости населения и показателей качества окружающей среды использованы данные официальных источников Федеральной службы государственной статистики и Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также данные собственных исследований. В базу данных внесена первичная информация, разработан и сформирован банк моделей, позволяющих прогнозировать территории потенциального риска.

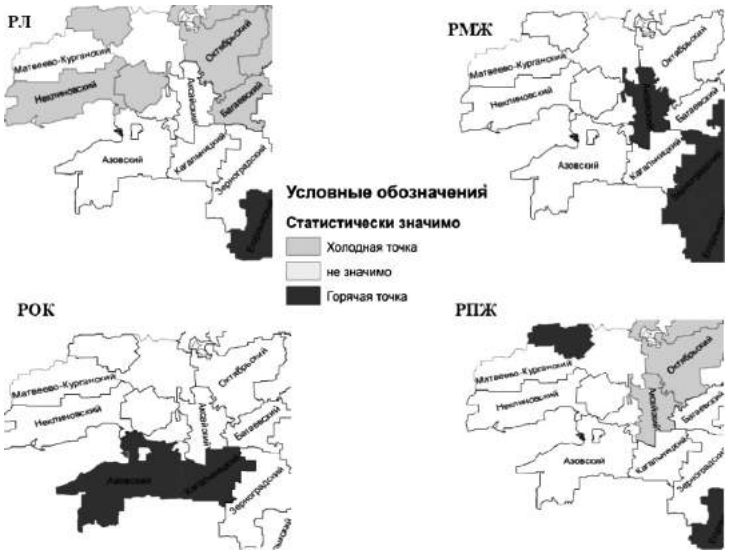


Рис. 2. Пространственно-временные кластеры заболеваемости раком легких (РЛ), раком молочной железы (РМЖ), раком ободочной кишки (РОК) и раком предстательной железы (РПЖ) в прибрежных районах Азовского моря с 2001 по 2016 гг.

Для выявления причинно-следственных связей между заболеваемостью населения и экологическими показателями использованы методы математико-статистического моделирования, банки тематических данных.

Оценка вклада отдельных экологических факторов в уровень заболеваемости при мультифакторном воздействии окружающей среды проведена на основе методологии системного анализа. Для количественной оценки влияния экологических показателей на здоровье человеческой популяции использованы многомерные методы вариационной статистики, с помощью которых производится оценка экологической ситуации и здоровья населения и оценка их взаимодействия Определение вклада состояния окружающей среды в формирование популяционного здоровья предполагает использование широкого арсенала методов, в состав которых входит использование корреляционного, ковариационного и регрессионного анализа, а также методов из арсенала Data Mining (добыча данных, интеллектуальный анализ данных, метод оптимальных достоверных разбиений).

Определение вклада каждого показателя определяется путем ранжирования системы индикаторов по уровням приоритетности, которое представляет собой процедуру упорядочения объектов, выполняемую лицом, принимающим решение, или экспертом.

В результате исследований был проведен анализ зависимостей устойчивого развития прибрежной зоны от обусловливающих его факторов, в основу которого положены пространственные модели распределения изучаемых характеристик. Использование ГИС-технологий позволило провести пространственно-временной анализ имеющихся и постоянно обновляющихся данных, напрямую или опосредованно связанных с областью исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.

2. Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Тарасова Т.Т., Лихтанская Н.В. Технология оценки социально-экономических последствий морских опасных явлений в прибрежной зоне Азовского моря // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: мат-лы Междунар. молодежной науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д, 2018. С. 13–17.

3. Тарасова Т.Т. Особенности демографической ситуации муниципальных образований Ростовской области // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 323–328.

4. Патракеева О.Ю. Кроссрегиональный эффект строительства Керченского моста на уровне Темрюкского района Краснодарского края: сценарии и перспективы исследования // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. № 6 (351). С. 1129–1139.

5. Епринцев С.А., Архипова О.Е. Анализ экологической комфортности урбанизированных территорий Воронежской области по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 85–91.

6. Архипова О.Е., Герасюк В.С. Оценка состояния рекреационной зоны Таганрогского залива на основе анализа мультиспектральных данных (Landsat) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 65–74.

7. Здоровье населения региона и приоритеты здравоохранения / под ред. акад. РАМН, проф. О.П. Щепина, чл.-корр. РАМН, проф. В.А. Медика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 384 с.

8. Зависимость регрессионной модели от факторов окружающей среды и состояния здоровья взрослого контингента урбанизированных территорий РК / А.А. Мусина, Г.К. Алшынбекова, К.С. Тебенова [и др.] // Гигиена, эпидемиология и иммунобиология / гл. ред. В.И. Покровский. 2012. 4(54). С. 26–28.

9. Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Лихтанская Н.В., Тарасов В.А., Матишов Д.Г. География и динамика онкологических заболеваний в аграрных регионах Южного федерального округа // Вестник Южного научного центра РАН. 2014. Т. 10. № 4. С. 96–103.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

О.Ю. Патракеева
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
OlgaPatrakeyeva@yandex.ru

Для определения статистических характеристик природных катастроф гидрометеорологической природы необходимо располагать соответствующей базой данных о произошедших за продолжительный период опасных явлениях в Черном и Азовском морях и в атмосфере над ними. В настоящее время по многим типам природных явлений она отсутствует [Доценко, Иванов, 2011].

Важно отметить, что ущерб от чрезвычайных ситуаций природного характера различного уровня растет и, следовательно, возрастает необходимость изучения механизмов оценки потерь от воздействия факторов окружающей среды.

Ущерб логично рассматривать как категорию риска. При этом выделяются несколько его видов:
- материальный;
- социальный;
- медико-биологический;
- экологический;
- моральный;
- упущенная выгода.

Отметим, что экономический ущерб, являющийся составной частью каждого представленного вида, может подвергаться статистическому анализу. При этом для него характерны следующие особенности:
- включение всех видов материальных потерь и затрат, связанных с повреждениями и разрушениями производственных и непроизводственных объектов, нарушением их функционирования;
- рассмотрение применительно к функционированию объектов экономики и социальной инфраструктуры;
- оценка в стоимостных измерителях.

Деятельность по определению экономического ущерба вторична по отношению к определению физического ущерба от чрезвычайных ситуаций. Другими словами, на первоначальном этапе следует оценить физический ущерб (масштаб разрушений и иных потерь в натуральных измерителях), а затем приступать к его экономической оценке [Шнюков и др., 1994].

Для адекватной оценки физического ущерба воспроизводятся (моделируются) физические процессы возникновения, развития и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. При определении экономического ущерба осуществляется переход (пересчет) показателей физического ущерба в стоимостные измерители, прямо или косвенно воспроизводятся (моделируются) экономические процессы функционирования объектов экономики и социальной инфраструктуры применительно к условиям чрезвычайных ситуаций [Доценко, Иванов, 2005].

Совокупный экономический ущерб складывается из следующих его видов:
- прямого (фактические уничтожения, разрушения, повреждения любых видов имущества и материальных ценностей) – ущерб имущественному комплексу; ущерб, наносимый национальному богатству страны;
- косвенного (остальные формы) – ущерб, вызванный остановкой, приостановкой, снижением интенсивности экономически значимой деятельности; ущерб третьим лицам; затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС.

Прямой ущерб $У_р$ оценивается по формуле (1) [Нарбаев и др., 2018]:

$$У_р = У_{сх} + У_{ЖКХ} + У_{тр} + У_и + У_{жл}, \quad (1)$$

где $У_{сх}$ – прямой ущерб аграрному сектору экономики;
$У_{ЖКХ}$ – ущерб объектам ЖКХ;
$У_{тр}$ – ущерб транспортной инфраструктуре;
$У_и$ – ущерб имуществу;
$У_{жл}$ – ущерб жилью пострадавших.

Расчет косвенного ущерба проводится обычно по формуле (2):

$$У_k = У_{зп} + У_{нп} + У_ш + У_{нп} \quad (2)$$

где $У_{зп}$ – заработная плата за время простоя объекта, руб.;

$У_{нп}$ – прибыль, недополученная за период простоя объекта, руб.;

$У_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$У_{нп}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли, руб.

Особенностью косвенного ущерба является то, что его составляющие, как правило, не поддаются документальному подтверждению. Они определяются по соответствующим методикам или оцениваются экспертно.

В связи с тем, что совокупный экономический ущерб является неотъемлемой составляющей чрезвычайных ситуаций, то целесообразно исходя из характеристик чрезвычайных ситуаций и их классификации, присваивать прогнозное значение ущерба.

Так, чрезвычайные ситуации природного характера (событие A) распределяются в зависимости от количества людей (M), погибших или получивших ущерб здоровью в этих ситуациях, размера материального ущерба (S) и территории (J), на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей и частоты ее появления (F).

Другими словами, ЧС может быть описана в следующем виде (3):

$$T = \{M, S, J, F\} \quad (3)$$

ЧС, исходя из частоты их появления, целесообразно классифицировать как частые, редкие и уникальные. Частые ЧС характеризуются высокой вероятностью возникновения в течение рассматриваемого периода. Для частых ЧС может быть осуществлена групповая типизация ЧС, выявлены законы распределения вероятности возникновения, определена частота возникновения ЧС каждой группы в течение рассматриваемого периода. Как правило, экономический ущерб от частых ЧС сравнительно невелик. Однако их высокий интегральный ущерб достигается за счет большой частоты возникновения. ЧС подобного типа являются объектами систематических статистических наблюдений. Редкие ЧС характеризуются относительно невысокой вероятностью возникновения в течение рассматриваемого периода. Как правило, ущерб (в т. ч. экономический) от каждой ЧС, относимой к числу редких ЧС, может быть достаточно большим. Уникальные ЧС характеризуются исключительно низкой вероятностью возникновения. Фактический или прогнозируемый ущерб от каждой уникальной ЧС может быть очень большим, часто катастрофическим по своим масштабам.

В зависимости от значений параметров (M, S, J, F) для оценки и прогноза ущерба необходимо использовать различные подходы.

Стандартно применяемые методы расчета ущерба основываются на применении средних значений. Такие подходы, однако, неприменимы для многих случаев, когда распределения ущербов описываются степенным законом. Так, для анализа частых событий целесообразно использовать распределение Гаусса, а для анализа редких и уникальных событий – распределения, описываемые степенными законами (в частности, распределением Парето).

При анализе ЧС часто приходится делать их сравнительные оценки, производить типизацию и масштабирование тех или иных явлений, оценивать взаимосвязь между этими явлениями.

Количественно измерить масштаб чрезвычайной ситуации можно с помощью методики, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Основные количественные и качественные параметры чрезвычайных ситуаций [Воронов, 2018]

Класс опасности	Характер	Территория	Количество погибших или пострадавших, чел.	Ущерб, тыс. руб.	Масштаб, баллы
1	локальный	объекта	до 10	до 100	до 1,73
2	муниципальный	поселения или внутригородская, города федерального значения	до 50	до 5000	2–3,46
3	межмуниципальный	двух и более поселений или две и более внутригородских территории, города федерального значения	до 50	до 5000	3–4,12
4	региональный	субъекта	от 50 до 500	от 5000 до 500 000	5,1–6,4
5	межрегиональный	двух или более субъектов	от 50 до 500	от 5000 до 500 000	6,48–7,55
6	федеральный	любая	более 500	более 500 000	6,16–9,85
7	трансграничный	двух или более государств			7,14–12,12

Каждому из признаков J, M, S, характеризующих чрезвычайную ситуацию, присваивается балльное значение от 1 до 7.

Максимальный масштаб чрезвычайной ситуации по принятой классификации составляет 12,12 баллов. Он возможен при трансграничной чрезвычайной ситуации с тяжелыми последствиями, когда важную роль играют не только составляющие ущерба и количество погибших, но и тот общественный резонанс, который сопровождает такие ситуации. Катастрофы и соответственно ЧС континентального и планетарного масштаба в рамках данного подхода не рассматриваются.

Представляется, что использование приведенных методов расчета ущерба от ЧС расширит возможности включения государственных механизмов возмещения ущерба, причиненного жизни, здоровью граждан и их имуществу [Воронов, 2018].

В многолетнем плане прослеживается тенденция к увеличению числа опасных природных явлений, и наводнений в частности, следовательно, вызываемый ими ущерб также растет. Главным образом это обусловлено заметным увеличением числа наводнений в период с начала 1970-х гг. до начала XXI в. Существование этой тенденции может быть оспорено, но объективные причины для нее существуют [Магрицкий, 2014].

Во-первых, это фиксируемые в регионе климатические изменения. Гидрологической реакцией на них стало увеличение стока воды у ряда рек, максимального расхода воды (особенно в последней четверти XX в.) и экстремальности максимального стока.

Во-вторых, рост числа экстремальных наводнений может быть следствием крупномасштабной и не всегда продуманной хозяйственной деятельности (интенсивная застройка пойм рек, прекращение или уменьшение масштаба работ по очистке русла и поддержанию защитных дамб, расширение землепользования на водосборах). Именно с последним фактором ряд исследователей связывает активизацию в XX в. (по сравнению с XIX в.) многих опасных природных явлений – наводнений, селей, обвалов и оползней [Магрицкий, 2014].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов С.И. Экономика чрезвычайных ситуаций: классификация и методы расчета ущерба // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2018. № 1. С. 118–125.

2. Доценко С.Ф., Иванов В.А. Возможные источники и механизмы формирования повышенной гидродинамической активности на шельфе Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2005. Вып. 13. С. 73–94.

3. Доценко С.Ф., Иванов В.А. Морские катастрофические явления Азово-Черноморского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2011. № 24. С. 209–218.

4. Магрицкий Д.В. Пространственно-временные характеристики наводнений на Черноморском побережье Российской Федерации // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2014. № 6. С. 39–47.

5. Нарбаев К.А., Гусева В.И., Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б. Оценка социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций (на примере Республики Казахстан) // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 4. С. 1246–1255.

6. Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П. Катастрофы в Черном море. Киев: «Манускрипт», 1994. 296 с.

ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ РЕГИОНОВ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

О.А. Хорошев[1], А.Д. Хаванский[2], Р.А. Ткачев[2], С.А. Мисиров[1], В.А. Уткин[2]

[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

ourregion@mail.ru, khovansk@yandex.ru, restrukt161@gmail.com, sam.misirov@gmail.com

Перенаселение прибрежных территорий южных регионов России, увеличение концентрации и площадей приморских населенных пунктов, реализация масштабных инфраструктурных проектов и пр. приводят к существенному росту антропогенного, в частности демографического, воздействия на окружающую среду (ОС).

Во многих приморских районах регионов Южного федерального округа (ЮФО) – наиболее густозаселенных и развитых в социально-экономическом отношении – многие годы сохраняется (с тенденцией к ухудшению) неблагоприятная экологическая обстановка [2; 4]. Кроме того, наиболее привлекательные для проживания прибрежные территории уже практически исчерпали свою миграционную емкость и дальнейшее их заселение может существенно отразиться в том числе на состоянии ОС и здоровье населения [3].

Необходимо также отметить, что наиболее трагические последствия воздействия морских опасных явлений и катастроф отмечаются именно в прибрежных зонах со сверхвысокой концентрацией населения и населенных пунктов. С другой стороны, неконтролируемое высотное строительство в селитебных зонах, примыкающих к береговой зоне, особенно в пределах приморских рекреационных центров, приводит к интенсификации абразионно-оползневых и прочих неблагоприятных береговых процессов, последствия которых также могут принимать непредсказуемый катастрофический характер.

Таким образом, актуальным может являться исследование динамики демографической нагрузки на ОС в прибрежных районах регионов ЮФО, что позволит понять тенденции изменения интенсивности демографического воздействия населения и оптимизировать каркас его расселения, особенно в прибрежных зонах, наиболее подверженных воздействию морских опасных явлений и природных катастроф.

В данной работе исследовались прибрежные районы ЮФО (без учета КФО, вошедшего в его состав в 2016 г. и СКФО, выделившегося из ЮФО в 2010 г.) – Республики Калмыкия, Астраханской и Ростовской областей, Краснодарского края. Многие приморские районы ЮФО обладали привлекательными секторами хозяйственного комплекса, которые интенсивно развивались в свете реализации проектов по созданию масштабных туристско-рекреационных комплексов, транспортной и портовой инфраструктуры, подготовки к проведению зимней Олимпиады в Сочи, Чемпионата мира по футболу и пр.

На природные системы, в частности ЮФО, воздействуют все без исключения виды человеческой деятельности. Значительное влияние на экологическую обстановку оказывает и антропогенная нагрузка населения. Воздействие населения на ОС можно выразить через показатель демографической нагрузки (антропогенной нагрузки населения). Для определения демнагрузки применялась методика, разработанная авторами при составлении Экологического атласа Ростовской области [5], использованная с некоторыми изменениями в Экологическом атласе ООО «Кавказтрансгаз» [2] и диссертационной работе [4], в расчетах применялись статданные по демографии исследуемых регионов Юга России [1].

Показатели демнагрузки определялись как средневзвешенные по отдельным факторам воздействия, которые затем обобщались с помощью балльной оценки. Суммарная демнагрузка определялась по трем показателям в разрезе районов: людности, плотности населения и плотности сельских поселений (табл. 1).

При расчетах людности использовались показатели концентрации населения в пределах отдельных административных единиц. Пошаговая градация делалась из расчета 5-балльной оценки и включала следующие ступени: 1) менее 25 тыс. чел.; 2) 25–50 тыс. чел.; 3) 50–100 тыс. чел.; 4) 100–250 тыс. чел.; 5) более 250 тыс. чел.

Для определения плотности размещения сельского населения использовалась аналогичная предыдущей градация. Ступени балльной оценки имели следующий вид: 1) менее 10 чел./км^2; 2) 10–25 чел./км^2; 3) 25–50 чел./км^2; 4) 50–75 чел./км^2; 5) более 75 чел./км^2.

Важным фактором влияния на экологическую ситуацию является величина концентрации поселений, т.к. чем ближе поселения друг к другу, тем больше площади, подвергаемые регулярному воздействию значительной массы населения. А чем они дальше, даже при показателях более высокой людности, тем меньшему воздействию подвергается более значительная часть территории. В данном случае градация имела следующий вид: 1) менее 10 поселений на 1000 км^2; 2) 10–20; 3) 20–30; 4) 30–40; 5) более 40 поселений на 1000 км^2 [4].

Картосхемы общей (суммарной) демографической нагрузки и ее динамики в приморских районах ЮФО в 2007 и 2017 гг. строились путем суммирования набранного количества баллов трёх вспомогательных показателей для каждой административной единицы (рис. 1).

На исследуемой территории наиболее высокая концентрация населения и демографическая нагрузка к 2017 г. сложилась в прибрежных приазовских районах Ростовской области в составе Ростовской агломерации, а также в причерноморских районах и городах-курортах Краснодарского края, образующих практически сплошную полосу с максимальными показателями антропогенной нагрузки населения. Нагрузка выше среднего отмечена лишь в Туапсинском – преимущественно гористом районе, но, учитывая, что основная часть населения данного района концентрируется в приморской зоне, можно констатировать, что причерноморская полоса высокой демографической нагрузки является сплошной. В Неклиновском и в меньшей степени Азовском районах Ростовской области высокая демнагрузка обусловлена сплошным заселением береговой линии. Так, на отрезке берега Таганрогского залива и правобережья Дона – между Ростовом-на-Дону и Таганрогом – к началу 2018 года практически не осталось незаселенных территорий, большая часть жителей которых ежедневно формирует потоки маятниковой миграции «село – город».

Таблица 1. Балльная оценка суммарной антропогенной нагрузки населения в приморских районах регионов ЮФО в 2007 и 2017 гг.

№№	Административный район*	Население (людность)		Плотность населения		Плотность сельских поселений		Суммарный балл по нагрузке населения	
		2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
Республика Калмыкия									
4	Лаганский	1	1	1	1	1	1	3	3
Краснодарский край									
9	Ейский	4	4	4	4	2	2	10	10
12	Каневский	4	4	3	3	2	2	9	9
26	Прим.-Ахтарский	3	3	2	2	2	2	7	7
28	Славянский	4	4	4	4	2	2	10	10
31	Темрюкский	4	4	4	4	2	3	10	11
34	Туапсинский	4	4	4	4	3	3	11	11
37	Щербиновский	2	2	3	3	2	2	7	7
38	г.-кур. Анапа	4	4	5	5	5	5	14	14
39	г.-кур. Геленджик	3	4	4	5	2	3	9	12
42	г. Новороссийск	5	5	5	5	3	3	13	13
43	г.-кур. Сочи	5	5	5	5	3	3	13	13
Астраханская область									
2	Володарский	2	2	2	2	4	4	8	8
4	Икрянинский	2	2	3	3	3	3	8	8
5	Камызякский	3	2	2	2	2	2	7	6
7	Лиманский	2	2	2	2	2	2	6	6
Ростовская область									
1	Азовский	5	5	5	5	4	4	14	14
26	Неклиновский	5	5	5	5	5	5	15	15

*При расчетах, учитывая современные тенденции разрастания приморских городских поселений ЮФО в сторону прилегающих районов, маятниковую миграцию и пр., показатели городских поселений равномерно суммировались с показателями соседних административных районов.

Приазовские районы Краснодарского края отмечены показателями демнагрузки выше и ниже среднего. Причем нагрузка населения ниже средних показателей характерна для Приморско-Ахтарского и Щербиновского районов, активному заселению которых препятствуют заболоченные низменности с многочисленными плавнями, малопривлекательными для строительства домов. Средними и ниже средних показателями отмечены также прикаспийские низменные дельтовые районы Астраханской области.

Единственным районом, имеющим минимальные показатели демнагрузки, является Лаганский район Калмыкии со скромными показателями социально-экономического развития, расположенный в засушливой зоне преимущественно полупустынных ландшафтов и относительно отдаленный от крупных городских образований.

Сравнивая показатели интенсивности демографического воздействия за 10-летний период на территориях приморских районов ЮФО, можно отметить следующее (рис. 1). Продолжается интенсивный процесс сверхконцентрации населения и роста демнагрузки в Азовском районе Ростовской области (особенно в его восточной части), при этом значительно замедлился рост показателя в Неклиновском районе (за счет внутрирайонного перераспределения жителей), оставаясь при этом максимальным (15 баллов). Заметно увеличилась демнагрузка в полосе приморских районов и городов-курортов Черноморского побережья Краснодарского края, отмеченных, как и десятилетие назад, максимальными показателями нагрузки населения, что традиционно связано с привлекательными климатическими условиями, теплым морем, созданием новых рабочих мест в свете реализации масштабных федеральных проектов в области транспорта, логистики, спорта и туризма. Так, к примеру, демографическая нагрузка на ОС в пределах Геленджика увеличилась за десятилетие сразу со средней до максимальной. Все приазовские районы Краснодарского края (за исключением Темрюкского), а также прикаспийские районы Калмыкии и Астраханской области в целом не демонстрировали существенных изменений показателя (как роста, так и снижения демографической нагрузки).

Таким образом, изучение показателей изменения демографической нагрузки в приморских районах ЮФО свидетельствует, что за прошедшее десятилетие отчетливо прослеживался процесс сверхконцентрации населения и закономерного роста его воздействия на ОС в пределах традиционно привлекательных для мигрантов территориях – причерноморских районах Краснодарского края и приазовских районах Ростовской области, частично входящих в перспективные границы Большого Ростова. Остальные приморские районы округа, хоть

и не демонстрировали роста демнагрузки, но отметились ее статичностью. При этом рост нагрузки населения может увеличиться с наметившейся тенденцией активного хозяйственного освоением данных территорий.

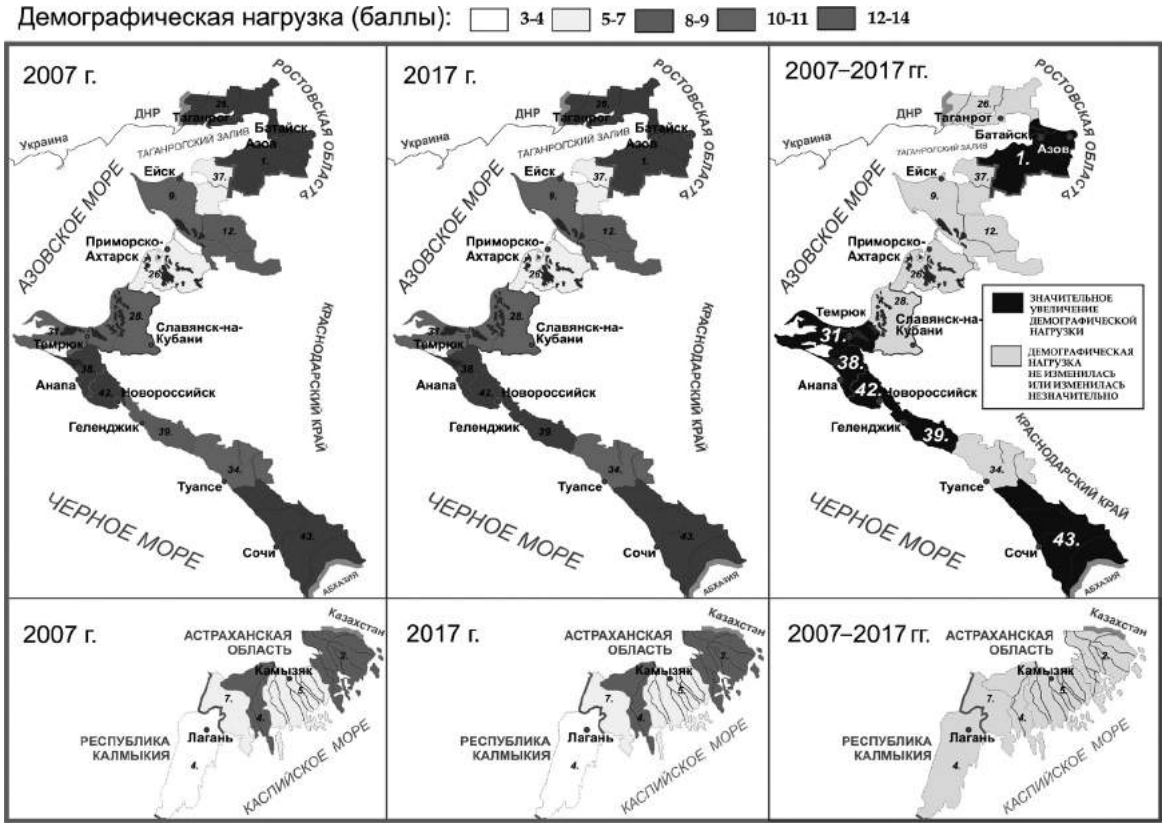


Рис. 1. Картосхемы суммарной демографической нагрузки на окружающую среду и её динамики в приморских районах регионов ЮФО в 2007 и 2017 гг. (составлены авторами по данным [1])

В целом демографическая нагрузка имеет не меньшую губительную для природы и населения силу, чем другие виды антропогенного воздействия. Ее изучение, особенно в динамике, сможет помочь предвидеть возникновение предпосылок к общему возрастанию экологической напряженности в приморских районах округа, а также заранее разработать комплекс мер по минимизации потенциального ущерба проживающему здесь населению от морских опасных явлений и катастроф.

Работа выполнена в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демографический ежегодник России. 2018 // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru.

2. Хованский А.Д. и др. Экологический атлас ООО «Кавказтрансгаз». Ставрополь: ООО «Кавказтрансгаз»; Ростов н/Д: ИИЦ ООО «Наш регион», 2007. 64 с.

3. Хорошев О.А. Особенности распределения антропогенной нагрузки населения на окружающую среду в пределах территории Юга России // Актуальные проблемы наук о Земле: Сб. трудов науч. конф. студентов и молодых ученых с международным участием. – Ростов н/Д: ЮФУ, 2015. С. 443–445.

4. Хорошев О.А. Оценка экологической ситуации в зоне деятельности ООО «Кавказтрансгаз»: автореф. дис. … канд. геогр. наук. Ростов н/Д, 2007.

5. Экологический атлас Ростовской области / под ред. В.Е. Закруткина. Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. 155 с.

СПЕЦИФИКА ПРЕСТУПНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

Э.Ю. Чуклина
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
die_sehnsucht@mail.ru

Природная катастрофа представляет собой природное явление, оказывающее разрушительное воздействие на окружающую среду, людей, хозяйство, инфраструктуру и т. д. [Пармузин, Карпов, 1994]. Одним из негативных социальных последствий природных катастроф является резкое увеличение числа преступлений на пострадавшей территории. Так, например, сразу после Спитакского землетрясения 1988 г. в Армении уровень преступности в районах землетрясения вырос в 1,4 раза [Туманян, 1997].

Преступность в условиях природных бедствий обладает рядом особенностей. Во-первых, это резкое официально фиксируемое увеличение количества преступлений при одновременном высоком уровне латентности преступности, доходящем до 80 % [Долгова, 2005]. К факторам, определяющим указанную тенденцию, относятся ослабление контроля и надзора со стороны правоохранительных органов ввиду чрезвычайной ситуации, критическое материальное положение населения (утрата работы, имущества, жилья), вынужденная миграция, недовольство властью и обострение этнических конфликтов (в некоторых регионах). Во-вторых, преступления, совершаемые во время или непосредственно после стихийных бедствий, характеризуются повышенной общественной опасностью. Связано данное качественное изменение преступности прежде всего с обстановкой совершения преступного деяния – в условиях стихийного бедствия. Обстановку совершения преступления можно определить как стечение обстоятельств объективной действительности, используемое преступником для достижения своих целей. В частности, В.А. Казакова и С.В. Фирсаков понимают под обстановкой стихийного бедствия «чрезвычайную ситуацию экологического, техногенного или социоконфликтного характера, сложившуюся на определенной территории, объекте в определенный период времени под воздействием сил природы и создающую угрозу жизни или здоровью граждан, уничтожению имущества» [Казакова, Фирсаков, 2011]. Повышенная общественная опасность деяния и самого преступника состоит в том, что лицо осознанно использует условия, облегчающие реализацию преступного умысла и/или скрывающие следы преступления (например, изымает имущество у лица, находящегося в беспомощном состоянии; проникает в поврежденное жилище или магазин с целью хищения). Именно поэтому использование обстановки стихийного бедствия рассматривается уголовным законодательством в качестве отягчающего уголовную ответственность обстоятельства – п. «л» ч. 1 ст. 63 УК РФ: «Совершение преступления в условиях чрезвычайного положения, стихийного или иного общественного бедствия, а также при массовых беспорядках» [Уголовный кодекс … 1996]. На обязательность учета данного обстоятельства при назначении наказания указывается в Постановлении Пленума Верховного суда СССР от 23.12.1988 № 17 «О рассмотрении судами дел, связанных с преступлениями, совершенными в условиях стихийного или иного общественного бедствия» [Постановление … 1988].

В-третьих, следует сказать о структуре преступности в условиях стихийных бедствий и техногенных катастроф, а именно о видах преступлений, наиболее часто совершаемых в такой обстановке. Т.А. Зорина по результатам анализа уголовных дел, возбужденных в районах, пострадавших от природных бедствий, установила следующее соотношение по количеству: преступления против личности (35 %, из них больше всего убийств); преступления против общественного порядка и общественной безопасности (26 %, из них больше всего нарушений правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств); преступления против государственной власти (20 %, из них больше всего халатность); преступления в сфере экономики (19 %, из них больше всего кражи) [Зорина, 2015].

Всё вышеизложенное свидетельствует о необходимости особого подхода к предупреждению преступлений в условиях стихийного бедствия. Несмотря на то, что приоритет всегда за общесоциальными превентивными мерами (выполнение социальных гарантий, борьба с безработицей, нигилистической позицией населения и т. д.), в условиях природных катастроф первоочередной задачей является предотвращение и пресечение преступлений. Следовательно, не менее важно реализовывать меры специально-криминологического и индивидуального предупреждения преступлений. Так, например, в Крымске в 2012 г. для стабилизации обстановки в районах, пострадавших от ливневого паводка, было задействовано 275 сотрудников полиции, 100 военнослужащих внутренних войск, 65 представителей казачества, 36 единиц служебного автотранспорта; полиция обеспечила охрану районного Главпочтамта, в который поступили денежные средства для выплат компенсации пострадавшим; для пресечения хищений сотрудники полиции обследовали 4506 домовладений; были про-

верены условия хранения оружия и боеприпасов у 583 владельцев оружия, на временное хранение сдано 8 единиц охотничьего огнестрельного оружия [Пресс-центр МВД … 2012].

Таким образом, главной особенностью преступности в условиях природных катастроф является обстановка совершения преступлений, облегчающая реализацию преступного умысла и сокрытие следов. Наиболее распространенными преступлениями во время и непосредственно после стихийного бедствия выступают преступления против личности и общественного порядка. Главная задача правоохранительных органов в такой обстановке состоит в предотвращении и пресечении преступлений.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ проекта № 18-0580043 «Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии: проблемы взаимозависимости и взаимной обусловленности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина Т.А. Криминологическая характеристика и предупреждение преступлений, совершаемых в условиях природных бедствий и техногенных катастроф. М.: НИИ ИЭП, 2015. 130 с.

2. Казакова В.А., Фирсаков С.В. Мародерство и подобные деяния с использованием обстановки стихийного или иного общественного бедствия // Российский следователь. 2011. № 2. С. 23–26.

3. Криминология: Учебник для вузов / под общ. ред. д. ю. н. проф. А.И. Долговой. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Норма, 2005. 912 с.

4. Крымск: продолжаются мероприятия по ликвидации последствий наводнения [Электронный ресурс]. URL: https://xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/150441 (дата обращения: 12.05.2019).

5. Пармузин Ю.П., Карпов Г.В. Словарь по физической географии. М.: Просвещение, 1994. 378 с.

6. Постановление Пленума Верховного суда СССР от 23.12.1988 № 17 «О рассмотрении судами дел, связанных с преступлениями, совершенными в условиях стихийного или иного общественного бедствия» // Бюллетень Верховного Суда СССР. № 1. 1989.

7. Туманян А.Э. Проблемы предупреждения преступности в условиях стихийного бедствия: дис. … канд. юрид. наук. Москва, 1997. 207 с.

8. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 1996. № 25. Ст. 2954.

СЕКЦИЯ 11

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РОССИИ

«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ПОТОП» И ПОЛИТИЧЕСКИЕ ИГРЫ

В.А. Авксентьев
Южный научный центр РАН, г. Ставрополь
avksentievv@rambler.ru

Влияние природных катастроф на политические процессы хорошо изучено в научной литературе на примере событий в различных частях мира. «Ученые определили влияние политического доверия на готовность к стихийным бедствиям и управлению процессами в чрезвычайной ситуации, утверждая, что люди, которые доверяют политическим институтам, также будут рассматривать правительственные оценки риска как заслуживающие доверия и принимать их политику в отношении обеспечения безопасности… Предыдущие исследования показали, что политические последствия стихийных бедствий, как правило, более негативные, и даже было обнаружено, что бедствия влияют на политические отношения на системном уровне, так как снижается поддержка демократических ценностей в не вполне устоявшихся демократиях» [Albrecht, 2017]. Исследователи подчеркивают вариативный характер реакции на сходные природные ситуации в зависимости от реакции властей на природные катаклизмы. Одним из следствий такой оценки со стороны общественного мнения может быть кризис легитимности, который, по мнению З. Чудхури, «когда наступает, не является прямым результатом действия матери-природы, скорее, он является следствием восприятия людьми готовности правительства, действий в чрезвычайных ситуациях и усилий по восстановлению» [Choudhury, 2013].

Значимым является использование стихийных бедствий для политического эффекта. Большую роль в этом играют средства массовой информации: «…главная критическая озабоченность СМИ в освещении ими стихийных бедствий при рассмотрении виновности людей заключается в оценке эффективности и неэффективности государственных органов при спасении и оказании помощи и выявлении неудач властей в решении проблем. Это отвлекает внимание от тех связей господства над природой с политическими, экономическими и социальными факторами, которые способствуют тому, чтобы стать жертвой стихийного бедствия. Освещение СМИ имеет тенденцию укреплять ожидания общественности о том, что правительство сделает все возможное, чтобы помочь жертвам и предотвратить будущий ущерб. По иронии судьбы эти требования приводят к дальнейшим промышленно-технологическим попыткам контролировать природу» [McClure, 2012].

Характерным примером использования природных бедствий в политических целях стало наводнение в Ставропольском крае в мае 2017 г. Наводнения как следствие обильных весенних или летних дождей – явление нередкое в крае. В 2005 г. в Москве была защищена кандидатская диссертация на тему «Актуальные аспекты совершенствования противоэпидемического обеспечения населения при ликвидации последствий наводнения на территории Ставропольского края» [Ковальчук, 2005], подготовленная в Ставропольском научно-исследовательском противочумном институте. В диссертации анализируются санитарно-эпидемиологические последствия масштабного наводнения 2002 г. и делается вывод, что «в Ставропольском крае в 2002 г. в результате наводнения впервые произошло катастрофическое обострение санитарно-гигиенической обстановки, обусловленное разрушением систем жизнеобеспечения населения на обширных территориях». В наводнении 2002 г. в крае погибли 46 человек; само наводнение и восстановительные работы имели обширное медийное освещение, в пострадавшую станицу Барсуковскую приезжал президент В.В. Путин. Медийное освещение было весьма критичным по отношению к краевой власти, но не имело значимых политических последствий.

Наводнение 2017 г. стало крупнейшим за последние 50 лет и превзошло наводнение 2002 г. По информации, опубликованной в МЧС, в результате наводнения пострадал 5531 человек, было подтоплено около 1500 домов

и строений [Наводнение … 2017]. По масштабам разрушений оба наводнения можно оценить как природные катастрофы.

Работа по ликвидации последствий началась немедленно и продолжалась в течение длительного времени. По мнению аналитиков, действия властей в 2017 г. были более четкими и грамотными [Емельянов, 2017], удалось избежать жертв. Всего в органы власти поступило свыше 22 тысяч заявлений о предоставлении материальной помощи от пострадавших в паводке. Из краевого бюджета были произведены выплаты в сумме от 10 до 100 тыс. руб. Кроме того, 571 дом, пострадавший от паводка, был признан непригодным для проживания. В 2017–2018 гг. выдано 316 государственных жилищных сертификатов. Генеральной прокуратурой России проводилась проверка выплат властями Ставропольского края компенсаций пострадавшим гражданам. Проверкой руководил лично Генеральный прокурор России.

Одновременно начались политические игры вокруг стихии, которые, учитывая ее размеры, могли бы перерасти в политический кризис регионального характера. В средствах массовой информации масштабные последствия потопа были объяснены коррупцией в органах власти края, которые якобы долго не замечали проблемы. Губернатору В.В. Владимирову вменялось в вину даже то, что он не отложил свое ежегодное послание и выступил, как и планировалось, перед краевыми депутатами с положительным докладом о своей работе и работе правительства, хотя уже накануне в Минводах был объявлен режим ЧС в связи с угрозой паводка. В день выступления губернатора произошел самый мощный выход паводковых вод [Трагические последствия … 2017].

Средства массовой информации избрали обвинительный в адрес краевых властей акцент в освещении природного бедствия. Это во многом справедливо, однако проблема имеет системный характер. Как и многие другие региональные проблемы, она формировалась и усугублялась десятилетиями. После наводнения краевые власти предприняли попытку подойти системно к решению проблемы. Совместно с Федеральным агентством водных ресурсов был разработан план противопаводковых мер и выделены почти 3 млрд руб. на его реализацию. В 2017 г. проведена инвентаризация гидротехнических сооружений и начались работы по очистке русла и укреплению берегов рек [Новоселье … 2018]. Основным объектом критики в условиях стихийного бедствия стал губернатор края. В ходе прямой линии с Президентом России В.В. Путиным жительница одного из пострадавших районов обратилась к президенту, сообщив, что для получения материальной помощи необходимо собрать документы, стоимость оформления которых достигает 15 тыс. руб. на семью. Глава государства в ответ заявил, что это «очень странно и не укладывается у него в голове». «Владимир Владимирович, где деньги?», – обратился Путин к губернатору Ставрополья. Также президент попросил Генпрокуратуру проверить, как идет работа с выплатами. Он выразил надежду, что Владимиров «уже сегодня» побывает у пострадавшей женщины, «посмотрит и разберется» [Глава Ставропольского края … 2017].

Сразу после этого сюжета на информационных сайтах появилась информация со ссылкой на телеканал «Звезда» о том, что губернатор Ставрополья подал в отставку. Впоследствии эта информация была опровергнута пресс-службой губернатора. С учетом скорости появления и распространения информации об отставке, имеются все основания предположить об организованном характере информационной атаки на руководство края. Апофеозом информационного кризиса для руководства Ставрополья в тот день стало «интервью» с губернатором края пранкеров «Лексуса» и «Вована», в котором они разговаривали с руководителем края от имени некоего высокопоставленного лица. Это «интервью» было размещено на видеохостинге YouTube и многократно перекопировано. Примечательно, что, вынужденный оправдываться, губернатор утверждал, что президента ввели в заблуждение относительно выплат и сбора справок за деньги [Пранкеры … 2017].

Информация о том, что отставка губернатора края «не за горами» появлялась и до наводнения, и после него. Прогнозы о «решенной отставке В.В. Владимирова продолжались публиковаться в сети Интернет до встречи краевого руководителя с Президентом России 2 апреля 2018 г., на которой президент страны обсуждал с губернатором проблемы развития края. Встреча была показана ведущими телеканалами, и стало ясно, что отставка руководству Ставрополья не грозит [Президент … 2018]. 28 января 2019 г. В.В. Владимиров, сроки полномочий которого на посту краевого руководителя истекают в сентябре 2019 г., вошел в состав Президиума Государственного Совета Российской Федерации.

В этом контексте необходимо отметить, что все предшествовавшие руководители края покидали пост досрочно (на первом или втором сроке). Поводы были различными, однако эксперты отмечали, что реальной причиной отставок были негативные тенденции и факты в этнических отношениях в крае. На годы руководства краем каждого из губернаторов пришлись резонансные события, свидетельствовавшие о неспособности краевых властей справиться с ситуацией. Период руководства краем В.В. Владимирова стал наиболее спокойным для этнической сферы, и в этом немалая заслуга краевых органов власти [Авксентьев и др., 2017]. В других сферах жизни обстановка не столь позитивная. Край постоянно сотрясается коррупционными скандалами. Как отмечают эксперты, губернатору не удалось создать прослойку верной ему элиты, вследствие чего он воспри-

нимается как человек не из местного истэблишмента, который не имеет тесной связи со структурами властями, с элитными структурами. Среди недовольных групп – прежде всего элиты в Кавказских Минеральных Водах [Политологи … 2018]. Наводнение 2017 г. стало одним из наиболее резонансных событий за весь период губернаторства В.В. Владимирова и приобрело выраженную политическую окраску. С учетом изменения иерархии как самих угроз и рисков на Ставрополье, так и их восприятия общественным мнением, заметного снижения значимости этнического, конфессионального и миграционного факторов в этой иерархии, в краевой политике возрастает значимость понятных всем экологических проблем, угроз и рисков стихийных бедствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Albrecht F. The Social and Political Impact of Natural Disasters: Investigating Attitudes and Media Coverage in the Wake of Disasters. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis, 2017. P. 28.

2. Choudhury Z. Politics of natural disaster: how governments maintain legitimacy in the wake of major disasters, 1990–2010. PhD (Doctor of Philosophy) thesis, University of Iowa, 2013. P. 1 [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.17077/etd.wau3elgf.

3. McClure K.R. Media Coverage of Natural Disasters: Pentadic Cartography and the Case of the 1993 Great Flood of the Mississippi // KB Journal Information, Vol. 8. Issue 1. Spring 2012. Special Issue [Электронный ресурс]. URL: https://www.kbjournal.org/mcclure_media_coverage_natural_disasters).

4. Ковальчук И.В. Актуальные аспекты совершенствования противоэпидемического обеспечения населения при ликвидации последствий наводнения на территории Ставропольского края: автореф. дис. … канд. мед. наук. Москва, 2005 // disserCat – электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. URL: http://www.dissercat.com/content/aktualnye-aspekty-sovershenstvovaniya-protivoepidemicheskogo-obespecheniya-naseleniya-pri-li#ixzz5jS1RHXr0)

5. Наводнение в Ставрополе, май 2017: карта, видео, фото, новости // Oasis-nN-ru, 22.06.2017 [Электронный ресурс]. URL: http://oasis-nn.ru/navodnenie-v-stavropole-may-2017-video-karta-foto/

6. Емельянов А. «Большая вода» по-ставропольски: 2002 vs 2017 // «МК – Кавказ», 22.06.2017 [Электронный ресурс]. URL: https://kavkaz.mk.ru/articles/2017/06/22/bolshaya-voda-postavropolski-2002-vs-2017.html.

7. Новоселье справят не все. В Ставропольском крае продолжается ликвидация последствий наводнения 2017 года // Кавказ-Экспресс, 07.06.2018 [Электронный ресурс]. URL: http://kavkaz-expres.ru/1/novosele-spravyat-ne-vse-v-stavropolskom-krae-prodolzhaetsya-likvidatsiya-posledstvij-navodneniya-2017-goda.html

8. Глава Ставропольского края подал в отставку после критики Путина // Рамблер, 15.06.2017 [Электронный ресурс]. URL: https://news.rambler.ru/politics/37156150/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink

9. Трагические последствия потопа объяснили коррупцией во власти Ставрополья // NEWSTRACKER, 30.05.2017 [Электронный ресурс]. URL: https://newstracker.ru/article/general/30–05-2017/tragicheskie-posledstviya-potopa-ob-yasnili-korruptsiey-vo-vlasti-stavropolya-4a12205e-ce44–4b67–8f3d-c43290755829

10. Президент Владимир Путин встретился с губернатором Ставропольского края Владимиром Владимировым // Первый канал, 02.04.2018 [Электронный ресурс]. URL: https://www.1tv.ru/news/2018–04-02/343343-prezident_vladimir_putin_vstretilsya_s_gubernatorom_stavropolskogo_kraya_vladimirom_vladimirovym

11. Авксентьев В.А., Гриценко Г.Д., Лепилкина О.И., Шульга М.М. Анализ опыта деятельности органов власти Ставропольского края по стабилизации этнополитических процессов // Вестник российской нации. 2017. № 6 (58). С. 76–90.

12. Пранкеры Лексус и Вован разыграли главу Ставропольского края Владимирова // YouTube, 16.06.2017 [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=wmmQv79G5hQ

13. Политологи: арест людей из окружения Владимирова – попытка сменить губернатора // «Клуб Регионов» – федеральная экспертная сеть, 20.01.2018 [Электронный ресурс]. URL: http://club-rf.ru/26/detail/2286

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ

И.В. Юрченко
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, г. Краснодар
ivyurchenko@mail.ru

Формирование атмосферных опасных явлений в прибрежной зоне в условиях глобальных климатических изменений оказывает непосредственное воздействие не только на природную среду, но также и на социально-политические процессы в регионах повышенного риска. Аномальные изменения в природе имеют причинную зависимость от человеческого фактора, но в то же время во многом остаются неуправляемыми и беспристрастными к гуманитарным аспектам существования. А поэтому есть стихийные, не зависящие от человека процессы, и опасные последствия вмешательства в природу ради получения сверхприбылей в условиях постиндустриальной цивилизации. В любом случае эти процессы имеют непосредственное отражение в политических отношениях как внутригосударственных, так и на мировой арене. В каждом обществе есть силы, заинтересованные в дестабилизации социально-политической жизни в целях завоевания власти на разных уровнях: от местного до общегосударственного. А в борьбе за власть формируются и используются массовые протестные настроения, в том числе и вызываемые опасными природными и техногенными явлениями и процессами. Для Юга России особенно опасными были события, связанные с наводнением на Северо-Западном Кавказе 6–7 июля 2012 г. Глубокий анализ социально-экономических последствий экстремальных паводков дан в научном исследовании академика Г.Г. Матишова и А.В. Клещенкова [Матишов, Клещенков, 2018]. Авторы подробно охарактеризовали предшествующую стихии природную обстановку, описали хронологию событий, обратив особое внимание на динамику уровня воды в реках и водоемах. Рассматривая причины экстремальных паводков, проанализировали пространственное распространение осадков. Поскольку аномальные природные явления наблюдаются на Юге России очень часто, ЮНЦ РАН проводит постоянные экспедиционные работы, экосистемный мониторинг природных и техногенных явлений [Матишов и др., 2008], а также фундаментальные и прикладные исследования экологических и климатических процессов в Черноморско-Каспийском макрорегионе. Популяризация научно-исследовательских проектов необходима и для управленческих кадров, и для населения. Меры по снижению разрушительных последствий опасных природных и техногенных явлений должны приниматься на уровне политического управления, а также осуществляться всеми гражданами, проживающими на территории предгорных регионов, в опасных зонах береговой инфраструктуры. Защита окружающей среды является важнейшим фактором социально-экономического развития территорий муниципальных образований, а это, в свою очередь, обеспечивает устойчивость политической сферы. Необходимость изучения опыта и проблем каждого региона предполагает систематический мониторинг и ситуационный анализ вызовов и угроз природных явлений и дезинтеграционных социально-политических процессов. В ходе анализа особенностей развития Черноморского региона с учетом геополитических рисков [Юрченко И.В., Юрченко Н.Н., 2017] нами актуализировалась проблема использования эффективного научного инструментария для исследования социально-экологических угроз. Учитывая особенности региона, отличающегося наличием этнотерриториальных, ценностных и иных конфликтов, а также опасностью формирования и воздействия морских атмосферных явлений и катастроф на прибрежную зону в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов, необходимо разрабатывать и реализовывать проектное управление, упреждающее аномальные социальные процессы на основе обобщения опыта регулирования постконфликтной реконструкции многосоставного социокультурного пространства. Социальная напряженность, обусловленная разбалансированием экосистемы прибрежных территорий и техногенно-природными изменениями, дополнительно возрастает в результате активизации деструктивных протестных движений, которые используют тему экологии в своих политических интересах. Также важную роль в этих процессах играют проблемы межнациональных отношений внутри региона, этнические факторы, которые формируют существенный конфликтный потенциал, связанный с противоречиями территориального, ценностного и социально-экономического характера, а также высокая миграционная активность и депривационные настроения, обусловленные неравенством в развитии территорий. Большое значение имеет классическая для данной проблематики концепция кливеджей норвежского политолога С. Роккана, который подчеркивал, что территориальная политика для анализа качественных характеристик социально-политической системы стоит на первом месте, так как всякий анализ различий между политическими системами нужно начинать с исследования территорий. «Невозможно изучать эти раз-

личия, не рассматривая структуру пространства, над которым они осуществляют свой контроль» [Rokkan, 1999]. Создание целостной системы территориально-политического контроля обусловлено требованиями противодействия техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства. Рассмотрение проблем разработки и реализации социально-гуманитарных технологий противодействия угрозам политической дестабилизации в условиях опасных природных и техногенных явлений и процессов должно осуществляться на основе структурного подхода, так как в политическом пространстве всегда присутствуют центр, периферия и технологии взаимодействия между ними. Иначе говоря, политическое пространство организуется как создаваемая в центре иерархия структур политического контроля, управленческих, правовых и административных практик. Так, в процессе изучения социально-экологических особенностей Черноморского региона необходимо также обратиться к теориям этнических границ Ф. Барта [Авксентьев, 2008] и влияния этноконтактной среды на социально-экономические, политические процессы и межнациональные отношения [Дробижева, 1985]. Понятие этноконтактной среды рассматривается как территория расселения определенного этноса, смыкающегося с другими этническими группами. В результате возникают особые ситуации этнических контактов, в том числе и по поводу природно-географических, ресурсных, гидрографических и исторических факторов возникновения и формирования социальных взаимодействий в зонах социокультурных связей различных этносов [Юрченко И.В., Юрченко Н.Н., 2017]. Как межнациональные, так и межгосударственные отношения на стыке культур, проявляющиеся как зоны контактов этносов, значительно отдаленных друг от друга по лингвистическим, религиозным и другим социокультурным параметрам, могут не выходить на поверхность как конфликты, а существовать только на уровне обыденных высказываний и не актуализироваться очень долгое время. Но возникновение опасных явлений и экологических бедствий может усиливать социально-политические и этно-конфессиональные противоречия и еще более усложнять работы по ликвидации последствий природных катастроф в условиях обострения социальной напряженности. Поэтому профилактировать необходимо и природные опасные явления, и угрозы социальных потрясений, заранее разрабатывая технологии противодействия опасным явлениям. Таким образом, в проблемных регионах, где возникают конфликты, и трансграничных языковых сообществах, этнических и конфессиональных группах необходима работа специальных центров ситуационного анализа (в значительной мере эту функцию в настоящее время выполняют структурные подразделения ЮНЦ РАН). Исследуемые территории можно рассматривать в виде сложносоставного логико-содержательного пространства, иногда даже выходящего за рамки общегосударственной общности, что еще более может разрывать ментально-культурные границы. Все это говорит о том, что современное общество становится еще более конфликтным, неустойчивым, непредсказуемым и часто подверженным деструктивным внешним воздействиям, что создает дополнительные угрозы целостности субрегиональных общностей, которые, в свою очередь, составляют внутреннюю целостность всего государства. Для противодействия негативным и деструктивным явлениям необходима общая информационная среда, в которой циркулирующие группы интересов не превращают регионы в конфликтное пространство, а взаимодействуют как различные ценностно-смысловые системы, дополняющие и обогащающие друг друга и обеспечивающие интегративные связи, а также экологическую защищенность. Это важнейший организационно-управленческий аспект разработки и применения социально-гуманитарных технологий противодействия угрозам политической дестабилизации в условиях опасных природных и техногенных явлений и процессов и эффективного обеспечения региональной безопасности в целом.

Статья выполнена по теме НИР «Конфликтологический анализ региональной ситуации на Юге России» в рамках Государственного задания ЮНЦ РАН на 2019 г. (00-19-08 № госрегистрации АААА-А19-119011190170-5, направление 183 Программы ПФНИ ГАН на 2013–2020 гг.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rokkan S. State Formation, Nation-Building, and Mass Politics in Europe: The Theory of Stein Rokkan: Based on His Collected Works. Oxford, N.Y.: Oxford University Press, 1999. P. 108, 95–122.

2. Авксентьев В.А. Исследовательский проект «Блоковые конфликты в полиэтничном макрорегионе» // Этнические проблемы современности: вып. 13. Ставрополь, 2008. С. 10.

3. Дробижева Л.М. Влияние этноконтактной среды на межнациональные отношения // Социальная психология и общественная практика. М., 1985.

4. Матишов Г.Г., Бердников С.В., Савицкий Р.М. Экосистемный мониторинг и оценка воздействия разливов нефтепродуктов в Керченском проливе. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008, 80 с.

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. Юрченко И.В., Юрченко В.М., Донцова М.В., Юрченко Н.Н. Региональные социально-политические трансформации на Юге России в условиях вызовов современной глобализации. Regional Social Political Transformations In South Of Russia // European Proceedings of Socialand Behavioural Sciences. URL: https://www.futureacademy.org.uk/publication/EpSBS/SCT2018/

7. Юрченко И.В., Юрченко Н.Н. Особенности развития Черноморского региона с учетом геополитических проблем и рисков столкновения западных и незападных ценностей // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества / отв. ред. И.Г. Чайка, Ю.В. Ефремов, Л.А. Морева. Вып. 9. 2017. С. 182–190.

СЕКЦИЯ 12

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

ЗАСУХА 1934 г. НА КУБАНИ КАК ПРИМЕР ОГРАНИЧЕННОСТИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА В БОРЬБЕ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ ПРИРОДЫ

В.А. Бондарев, А.П. Скорик
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск
vitalijj-bondarev27@rambler.ru; s_a_p@mail.ru

Природно-климатические условия издавна выступали в качестве мощных факторов, влияющих на условия жизни людей, на присваивающую и производящую хозяйственную деятельность человека. В наибольшей мере от капризов природы зависело сельское хозяйство, поскольку затяжные дожди, ранние заморозки, сильные морозы при бесснежной зиме, засухи и суховеи неизбежно влекли за собой неурожаи и сокращение поголовья скота. Лишь сравнительно недавно человек смог вооружиться техникой и научными знаниями, достаточными для того, чтобы в той или иной мере противостоять ударам природной стихии. Однако и в наше время – в век стремительного технического прогресса – не представляется возможным говорить о достижении полной независимости современных аграриев от природы, а в более отдаленные исторические эпохи такая независимость выглядит и вовсе неосязаемой. Ярким примером зависимости земледельцев от погодных условий является засуха 1934 г. на Юге России (в частности, на Кубани), которой и посвящена настоящая публикация.

Природно-климатические факторы на большей части территории Юга России таили в себе известные опасности для земледелия. С одной стороны, здесь раньше, чем, например, в Центральной России, происходило весеннее потепление (примерно в первой половине марта), что позволяло в ранние сроки проводить сев яровых культур (в 1930-х гг. такой сев, начинавшийся уже в первой половине марта, назывался «сверхранним севом»). Однако, как отмечали специалисты, быстрое наступление жаркой погоды (в результате чего вешние воды не успевали впитаться в почву полей и сбегали в балки и овраги), «затяжное весеннее бездождье», сухие, жаркие юго-восточные ветры отрицательно сказывались на состоянии посевов [1, с. 5–7; 4, л. 10]. Засуха, губительная для яровых культур, считалась обычным явлением на полях Юга России, и в том числе на полях Кубани.

Весной 1934 г. в Азово-Черноморском крае, в границах которого в данное время объединялись Дон и Кубань, наблюдалась как раз такая сильная засуха, когда высокие температуры усугублялись минимальным уровнем осадков. В большинстве кубанских районов в 1934 г. дождей не видели до конца мая, а в колхозах Должанской МТС (Ейский район Кубани) осадков не наблюдалось вообще до начала уборки, то есть до июля – августа [3, л. 5].

Опасность весенней жары вдвое возросла из-за малоснежной зимы 1933–1934 гг., причем глубина снегового покрова в большинстве районов Северо-Кавказского края не превышала 10–20 см. К тому же, сильные ветры, характерные для открытых степных пространств Юга России, сдували снег с полей [4, л. 51; 6, л. 108, 177]. Вдобавок истощенные голодом 1932–1933 гг. колхозники не могли и не хотели заниматься снегозадержанием, целью которого являлось накопление на полях значительного снежного покрова, чтобы весной при таянии снега в почве создавался запас влаги. План снегозадержания на зиму 1933–1934 гг. по Северо-Кавказскому краю составлял 431 тыс. гектаров, но его выполнили лишь на 9,9 % (43 тыс. гектаров) [5, л. 7].

Отсутствие дождей при минимальных запасах влаги в почве тяжело отразилось на состоянии посевов. Весной 1934 г. краевое руководство Азово-Черноморского края стало получать тревожные сообщения с мест о гибели хлебов [10, л. 61–62]. Ожидаемый неурожай вызвал социальную панику среди населения. В мае 1934 г. на рынках Кубани цены на хлеб выросли в 2–3 раза по сравнению с мартом-апрелем [10, л. 85].

Партийно-советское руководство Азово-Черноморского края попыталось противостоять засухе. При принятии решения ответственные лица исходили не только из естественного стремления сохранить урожай, но и техногенного духа большевистской идеологической доктрины, декларировавшей примат усилий человека над природной стихией. У руководящих работников имелись определенные основания считать реальной победу над засухой: ведь в указанное время возможности человека в противоборстве с природной стихией существенно расширились. Колхозы, в отличие от индивидуальных крестьянских хозяйств, обладали техникой, всемерной помощью и знаниями специалистов-агрономов, механизмами мобилизации крупных контингентов работников. Принимая во внимание потенциал южнороссийских колхозов, первый секретарь Азово-Черноморского крайкома ВКП(б) Б.П. Шеболдаев и председатель крайисполкома В.Ф. Ларин разослали на места распоряжение организовать ручной полив посевов зерновых культур, в первую очередь хлебов [6, л. 51].

Исполнители этого смелого решения в лице администрации коллективных хозяйств, агрономов, рядовых колхозников, не демонстрировали единства мнений. Часть колхозов попыталась выполнить указание, проявляя инициативу в целях повышения эффективности полива. Колхозники поливали посевы зерновых культур не только вручную (лейками и ведрами), но и применяли для этого пожарные насосы, бочки с распылителями, сеялки, в которые при их движении по полю вместо зерна заливали воду. Вода для полива доставлялись на поля в бочках, ведрах, а в некоторых колхозах (чаще всего кубанского Черноморья) «подача воды производилась существующими сооружениями для поливки табаков и огородов» [6, л. 51].

В то же время большинство представителей районного и колхозного руководства Кубани, специалистов-агрономов, колхозников отрицательно отнеслось к волюнтаристскому решению краевого руководства, попиравшего нормы традиционного природопользования и не учитывавшего специфику природных условий Юга России. В спецсообщении ОГПУ «О ходе поливки полей по районам [Азово-Черноморского] края» от 22 мая 1934 г. тактично отмечалось: «Поливка посевов, как мероприятие до сих пор неизведанное на практике в нашем крае, вызвало некоторую растерянность среди руководящих работников», которые «в эффективность поливки не верят, высказывая опасения, что поливка вместо пользы принесет вред» [9, л. 238]. Агрономы апеллировали к мировому опыту: «В науке нет никаких указаний о возможности поливки колосовых. Даже в Азии, где большая жара, поливка не производится» [9, л. 240]. В источниках содержится немало приводимых агрономами и колхозниками аргументов против полива зерновых культур: в ряде местностей вода соленая и погубит посевы; ручной полив ведрами принесет лишь вред, ибо поля будут просто вытоптаны поливальщиками; при поливе часто смачивается лишь поверхность земли, а это ведет к гибели зерновых вследствие усыхания и нагревания почвы (с другой стороны, полив на значительную глубину приводит к иссушению и выветриванию почвы) [9, л. 238, 242]. Сотрудники ОГПУ зафиксировали и более резкие высказывания местных работников о затее краевого руководства. Старший агроном Старо-Минского района Федорядченко с усмешкой сказал: «Если бы это мы в районе выдумали, нас назвали бы сумасшедшими, а поскольку подписали Шеболдаев и Ларин, значит, верно». Инспектор по качеству одного из колхозов Тихорецкого района и местный активист Выродов по поводу поливки заявил: «Я в этой комедии участвовать не хочу, придумали какую-то ерунду» [9, л. 226, 227].

Часть колхозников стремилась уклониться от такого бессмысленного, по их мнению, занятия, как полив хлебов. Так, по колхозам Порошинской МТС Тихорецкого района из 100 человек, направленных на поливку, на поля прибыло лишь 45. Белоглинский сельсовет оставил без внимания распоряжение Белоглинского райкома ВКП(б) о мобилизации на поливку 400 единоличников [9, л. 242]. Сельское население отказывалось отдавать свои ведра и бочки на нужды поливки, иногда в весьма жесткой форме. Когда в колхозе имени С.М. Буденного Кущевского района проходила «мобилизация у населения бочек на поливку», организаторы из числа членов правления колхоза «встретили активное сопротивление со стороны населения», а колхозный завхоз едва не подвергся избиению со стороны разъяренных колхозниц [9, л. 226].

Впрочем подавляющее большинство критиков не возражало против поливки как таковой; но все сходились во мнении, что любое мероприятие должно быть ограничено рамками разумного. Характерно высказывание агронома Кропоткинского районного земельного отдела (райзо): «Я советую поливать огороды, они ближе к источникам воды, и поливка их принесет пользу, а от поливки колосовых кроме вреда ничего не будет» [9, л. 241].

Итоги поливной кампании 1934 г. на Кубани нельзя оценить однозначно. Иногда ручной полив приносил положительный эффект. В частности, в Должанской МТС эффективной оказалась поливка из расчета 2 ведра на 1 м^2 с последующим присыпанием политых участков мелкой соломой и половой, чтобы предотвратить быстрое иссыхание политой почвы. В колхозе им. К.Е. Ворошилова Малороссийской МТС пшеница на политой площади в 7 гектаров дала урожай на 1,5 центнера выше [6, л. 109об., 138]. Но хорошие результаты получили только на очень ограниченных площадях, поскольку требовалось применение трудоемких операций.

В целом же итоги поливной кампании убедительно продемонстрировали крайне низкую эффективность ручного полива зерновых культур. Сотрудники районных земельных отделов Кубани в один голос свидетель-

ствовали о неоправданности ручной поливки, а в ряде случаев она даже ухудшила положение. По докладу райзо Ейского района, всего полили 135 гектаров колосовых, но колхозы производили поливку из расчета 1 ведро на 1 м^2, в результате чего на политых площадях образовывалась корка и «растения быстро ухудшали свое состояние (вяли и даже подсыхали) и частично гибли». Такое же положение сложилось и в Каневском районе. Согласно отчету агрономов Ивановской МТС, «поливка себя не оправдала ввиду сильной засоленности вод». В борьбе с засухой, по свидетельству Тихорецкого райзо, применялись разные методы: слепая полка (в этом случае сорняки уничтожались на полях еще до всхода посевов), прикатывание (при этом разбивались образовывавшиеся при пахоте и не устраненные боронованием комки земли, уплотнялась почва для предотвращения ее выветривания) и т. д. Все эти меры, докладывали работники райзо, «дали несомненный эффект, за исключением искусственного полива» [6, л. 1, 109об., 121, 182].

Гораздо более эффективными в условиях засухи оказались традиционные мероприятия, связанные с поливом овощебахчевых культур, и это позволило спасти данные культуры от гибели и не допустить больших убытков. Так, в колхозах Белореченского района урожайность свеклы на политых площадях составила 7,5 центнеров с гектара, а на неполитых полях достигала лишь 3–4 центнера с гектара. Урожай лука на тех участках, где производилась поливка, тоже оказался выше среднего. Понимая, где можно добиться наибольшего эффекта от поливки, в колхозах Краснодарского района больше всего поливали огороды, поэтому они составили 145 из 213 политых гектаров. Полив овощей представлял собой разумную, адекватную сложившимся условиям меру, которую крестьяне практиковали каждый весенне-летний сезон [6, л. 18, 51].

Характер сохранения стародавней традиции носили и распространившиеся в данное время среди населения Кубани настроения служить молебны и проводить водосвятия [9, л. 243]. Так, инспектор по качеству колхоза им. В.И. Ленина Белоглинской МТС Озеров в беседе с односельчанами сказал: «Давайте запоем "Отче наш", тогда пойдет дождь, а то выдумали поливать, все равно ничего не выйдет…» [9, л. 251].

Кто знает, то ли Бог услышал мольбы крестьян, то ли это оказалось случайным стечением обстоятельств, но в конце мая на Кубани наконец-то пошли долгожданные дожди. Почва напиталась влагой, поникшие хлеба воспрянули и пошли в рост. Урожай был спасен, хотя урожайность яровой пшеницы в 1934 г. на Кубани составила лишь 4,4 центнера с гектара. Она получилась заметно ниже показателей предшествующего 1933 г. (7,8 центнеров) и последовавшего 1935 г. (7,2 центнера). Показатели 1934 г. соответствовали по десятилетней статистике самой низкой урожайности яровой пшеницы в регионе за все 1930-е гг. [2, л. 122, 123].

После спасения урожая естественным путем бурные дискуссии о пользе и вреде ручного полива прекратились сами собой. Всё же представители власти и специалисты-агрономы пришли к выводу о неэффективности методик полива, применявшихся в ходе поливной кампании 1934 г. Обескураженные провалом «поливной кампании» представители власти постарались о ней забыть. Не случайно на съезде «ударников колхозных полей» в июне 1934 г. начальник Азово-Черноморского краевого земельного управления Одинцов перечислил целый ряд мер, позволивших собрать хороший урожай даже в условиях засухи, но о ручном поливе не сказал ни слова [8, л. 62]. Попыток преодолеть засуху ручным поливом в масштабах Азово-Черноморского края в 1930-х гг. больше не предпринимались. Только в 1946 г. в условиях жестокой засухи на Кубани снова решили применить ручной полив зерновых, «но эти меры не дали ощутимых результатов» [7, с. 396].

«Поливная кампания» 1934 г. доказала недостаточно высокий уровень производственно-экономического и научного потенциала аграрного производства для осуществления колхозным крестьянством сложных сельхозкампаний, в частности полива зерновых культур, несмотря на возросшие возможности, открывавшиеся с развертыванием индустриализации и коллективизации. В первой половине 1930-х гг. колхозная система находилась в стадии формирования и оставалась еще довольно слабой в организационно-хозяйственном и материально-техническом отношении. Поэтому ее ресурсы в борьбе с засухой не следовало преувеличивать. Эту ограниченность возможностей колхозной системы и продемонстрировали события 1934 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бегишев А.Н. Главнейшие сезонные с.[ельско]-х.[озяйственные] работы по полеводству. Ставрополь, 1931.
2. Государственный архив Краснодарского края (ГАКК). Ф. р-1378. Оп. 2. Д. 8.
3. Государственный архив Ростовской области (ГАРО). Ф. р-1390. Оп. 7. Д. 459.
4. ГАРО. Ф. р-1390. Оп. 7. Д. 646.
5. ГАРО. Ф. р-1390. Оп. 7. Д. 675.
6. ГАРО. Ф. р.-1390. Оп. 7. Д. 677.
7. Очерки истории Краснодарской организации КПСС. Изд. 2-е, доп. Краснодар, 1976.
8. Центр документации новейшей истории Ростовской области (ЦДНИРО). Ф. 166. Оп. 1. Д. 105.
9. ЦДНИРО. Ф. 166. Оп. 1. Д. 111.
10. ЦДНИРО. Ф. 166. Оп. 1. Д. 115.

ПРИРОДНАЯ КАТАСТРОФА И ГИБЕЛЬ КРИТО-МИКЕНСКОЙ (ЭГЕЙСКОЙ) ЦИВИЛИЗАЦИИ

Л.С. Ильюков
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

Небольшой вулканический остров в Эгейском море – Тира, Тера, или Фера, – расположен к северу от Крита. Он более известен под именем Санторини, Санторин – от итальянского «Сант Ирэн» – Святая Ирина, покровительница вулканического острова.

На Санторине первые вулканические взрывы происходили еще в эпоху плейстоцена. В середине II тыс. до н. э. в истории этого острова случилась масштабная природная катастрофа, которая сопровождалась землетрясением и извержением вулкана. Его древнее название Стронгила – «круглая». После извержения вулкана остров раскололся на куски. Самый крупный остров – Санторин (Тира, Фера). Там, где был центр острова, теперь плещется море. От основного массива отделился остров Ферасия. В дальнейшем образовались еще два островка.

Вулкан острова Фера – крупнейший в Европе. Исследователи считают, что он был намного мощнее вулканов Везувия и Этны. Тектонический разлом проходит через Грецию. В результате подвижки плит земной коры возникают землетрясения и извержение массы, которая накапливается в нижних слоях коры земного шара и изливается в виде лавы и пепла с пензой наружу. Мощное содрогание земной коры привело к землетрясению. Кипящая магма вылилась из трещин между пластами. Исследователи допускают, что извержение на острове Фера совпало с сильным толчком, который разрушил кратер вулкана. В образовавшееся отверстие хлынула морская вода. В результате разницы температуры произошел мощнейший подводный взрыв и образовалась гигантская ударная волна, образовалось цунами. По мнению исследователей, волна могла достигать высоты около сотни метров, а облако пепла простиралось на 1000 км. После его извержения большая площадь была покрыта пеплом. Тучи пепла закрыли солнце. По мнению исследователей, в результате этого извержения на Египет и восточную часть Средиземноморья опустилась темнота, которая длилась несколько дней. Это была одна из масштабных природных катастроф, которая резко изменила судьбу народов в этом регионе. В середине II до н. э. в результате извержения вулкана Фера была разрушена крито-минойская (эгейская) культура. Ее памятники располагались на Эгейских островах. Близкие к ним памятники микенской культуры находились в материковой части Греции (Микены, Тиринф) и на побережье Малой Азии (Троя).

Время существования крито-микенской культуры, древнейшей европейской цивилизации, связано с эпохой бронзового века III–II тыс. до н. э. В истории минойской цивилизации (XX–XII вв. до н. э.) выделяются три периода. Ее расцвет сопровождался успехами в различных отраслях производства и культуры. Успехи в коммуникациях привели к развитию колесного транспорта. Появляются легкие колесницы, запряженные лошадьми. Совершенствуется технология взнуздания лошадей. Боевые колесницы быстро распространяются в мире степных евразийских культур. Была открыта иероглифическая письменность. После XVI в. появляется линейное письмо. Были заложены многие мировоззренческие представления, которые нашли отражение в письменных источниках, оставленных древними греками. Один из центров крито-микенской цивилизации располагался на острове Крит. В ареале минойской культуры храмовых построек не обнаружено.

Остров Фера, расположенный в группе Кикладских островов в ста километрах к северу от Крита, находился на пересечении торговых путей. Так же, как и на Крите, его население занималось сельским хозяйством, рыболовством, строило дворцы, возводило многоэтажные дома со сложной системой канализации. Там процветали ремесла и изобразительное искусство. Большие успехи были достигуты в торговле и мореплавании, существовала письменность.

В середине II тыс. до н. э., по некоторым оценкам, в 1645–1500 году до н. э., на ход истории этого острова оказала влияние масштабная природная катастрофа, которая сопровождалась землетрясением и извержением вулкана на острове Фера. От культуры эгейцев остались мифы, которые сохранились благодаря письменным источникам. Крито-микенская (эгейская) цивилизация – одна из первых цивилизаций в Европе, возникшая на острове Крит, ее закат связан с вторжением в Грецию дорийских племен с севера [Андреев, 2010].

На острове Санторин у подножья вулкана находился древний городок Акротири, названный археологами по имени близлежащего современного греческого поселения. Древний городок поглотили пепел и лава. Такое же землетрясение произошло на острове Крит. Все постройки и дворцы были засыпаны пеплом.

Эти события надолго сохранились в народной памяти. Они породили миф о затонувшей Атлантиде. Сведения о государстве, расположенном на острове и погибшем при загадочных обстоятельствах, есть у древнегреческого философа Платона. Согласно его трактату «Тимей», исчезнувший остров был державой, в которой находились два родника с горячей и холодной водой. Остров имел долины с плодородной землей. Там от брака бога моря Посейдона и смертной женщины родились дети и жили в мире гармонии и изобилия. Но их счастливому существованию пришел конец, когда их обуяли тщеславие и властолюбие. Тогда отец богов Зевс наложил на них проклятье и наслал землетрясения и наводнения – и «за одни ужасные сутки Атлантида исчезла, погрузившись в пучину».

Один из первых исследователей древней Феры, С. Маринатос, предполагал, что события на острове и гибель минойских дворцов, исследованных А. Эвансом, произошли в одно время, в середине II тыс. до н. э. На Фере С. Маринатос исследовал участок городка Акротири, засыпанного пеплом и покрытого вулканической лавой. В ходе раскопок им были открыты десятки зданий в виде двух-, трех- и четырехэтажных построек, сделанных из дерева и камня. Причудливые улочки с хитроумной системой сточных глиняных труб и каналов разделяли скученный городок. Стены многих построек были покрыты штукатуркой и цветными фресками. Им была открыта пристань, к которой в древности причаливали корабли. Дворец, обнаруженный в этом городке, указывал на централизованное правление на этом острове [Удивительные эгейские царства, 1997].

Вероятно, Атлантида – это один из островов в Эгейском море, оказавшийся под водой в результате природной катастрофы. В основе этих эпических сказаний лежали подлинные события, которые подтверждают археологические исследования.

Сказания о катаклизмах собирал греческий поэт Гесиод, живший в VIII в. до н. э. В его «Теогонии» есть описание битвы между Зевсом и чудовищем Трифоном, у которого из пасти вырывались черные языки сотней змеиных голов с глазами, полыхавшими пламенем. Эти было образное описание извержения вулкана, землетрясения и цунами:

Жаром сплошным отовсюду и молния с громом, и пламя
Чудовища этого объяли фиалково-темное море.
Все вокруг бойцов закипело – и почва, и море, и небо.
С ревом огромные волны от яростной схватки бессмертных
Бились вокруг берегов, и тряслась земля непрерывно
Гесиод. Теогония.

Некоторые исследователи допускают, что извержение этого вулкана нашло отражение и в Библии. Они считают, что огненный столб, который видел Моисей, являлся извержением вулкана на острове Фера. Отец истории Геродот в V в. до н. э. отмечал, что ласточки не посещают этот остров потому, что он выделяет газ. В одном из домов на этом острове найдена фреска, где изображены ласточки, которые после извержения вулкана перестали гнездиться на этом острове, – изменилась экология.

В истории минойской (эгейской) цивилизации извержение вулкана на острове Фера сыграло роковую роль. Оно перевернуло яркую страницу европейской истории. Согласно одной из мифологических версий, Зевс возлежал под кронами платана. Находясь на его ветвях, он превратился в птицу [Лосев, 1196. С. 216]. Согласно другой версии, Зевс, превратившись в белого быка, похищает царскую дочь Европу, и с ней, сидящей на его спине, он отправляется через море к острову Крит. На острове он принимает вид прекрасного юноши и овладевает Европой. От их союза родились три сына, один из них – Минос. От него и пошел народ острова Крит. Согласно Героду, Европа являлась дочерью финикийского царя. Ее похитили критские купцы. За сестрой отправляется брат Кадм, его проводником была корова, на каждом боку которой находился знак наподобие полного круга Луны [Лосев, 1996. С. 224]. На фресках Акротири или Кносского дворца встречаются различные мифологические образы минувшего прошлого.

На Крите в Кносском дворце в тронном зале по обеим сторонам трона расположены два крупных мифических существа – сфинкса – с телом и лапами льва и головой нехищной птицы – фазана (?). Они изображены лежащими в геральдической позе. На спине каждого из них по бокам свисает большой сакральный символ в виде биспиралевидного (очковидного) знака. Возможно, эти сфинксы являлись символическими стражами, оберегающими трон. Они, обретя фантастический образ, превратились в сфинксов с туловищем быка и головой птицы. На каждом боку животного был символ полной Луны. Возможно, трон занимала женщина, которая наделялась сакральными свойствами и выполняла административные функции.

Столь внезапное землетрясение в середине II тыс. до н. э., сопровождавшееся взрывом вулкана и цунами, оборвало жизнь в этом мире гармонии на заре европейской цивилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Ю.В. В ожидании «греческого чуда». СПб., 2010
2. Лосев А. Ф. Мифология греков и римлян. М., 1996.
3. Удивительные эгейские царства (пер. с англ. Т. Азаркович). М., 1997. С. 45–70.
4. Marinatos N. Santorini. The Island of the Volcano. Athens.

АРХИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ О СОЦИАЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРИАЗОВЬЕ, ПРИЧЕРНОМОРЬЕ И ПРИКАСПИИ: СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

Е.Ф. Кринко
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
krinko@mail.ru

Изучением опасных природных явлений и катастроф, как правило, занимаются представители естественных наук [Матишов и др., 2017 и др.]. Однако данные явления нередко имеют негативные социальные и экономические последствия, сопровождаются не только материальными, но и людскими потерями, вследствие чего находят свое отражение в различных исторических источниках, в том числе и в архивных документах, выступающих обычно предметом изучения представителей гуманитарных наук, прежде всего историков. Обращение к архивам Юга России свидетельствует о том, что в них отложились целые комплексы документальных материалов, посвященных различным опасным природным явлениям, в том числе сгонно-нагонным колебаниям, штормам и наводнениям.

В рамках данной работы рассматриваются вопросы отражения в архивных документах социальных последствий подобных опасных явлений, затрагивавших в советский период территории Приазовья, Причерноморья и Прикаспия, в настоящее время входящие в Российскую Федерацию. Цель работы заключается в выявлении информативных возможностей этого комплекса исторических источников и определении перспектив их дальнейшего использования.

В первую очередь, необходимо выделить главные архивные учреждения, в которых находятся на хранении соответствующие документы. Азовское море омывает берега трех субъектов Российской Федерации: Краснодарского края, Ростовской области и Республики Крым, Черное – берега Краснодарского края и Республики Крым, Каспийское – берега Астраханской области, Республики Дагестан и Республики Калмыкия. Соответственно документы о наводнениях и штормах, сопровождавшихся людскими и материальными потерями в российском Приазовье, содержатся в трех региональных государственных архивах, хранящих наиболее значительный массив сведений по истории указанных регионов – Государственном архиве Краснодарского края (далее – ГАКК), Государственном архиве Ростовской области (далее – ГАРО) и Государственном архиве Республики Крым (далее – ГАРК). Материалы о социальных последствиях наводнений и штормов в российском Причерноморье находятся в ГАКК и ГАРК, в российском Прикаспии – в Государственном архиве Астраханской области, Национальном архиве Республики Калмыкия и Центральном государственном архиве Республики Дагестан (далее – ЦГАРД). В первую очередь, это комплекс управленческой документации: протоколы заседаний, решения и постановления съездов советов (в 1936–1977 гг. – советов депутатов трудящихся, в 1977–1991 гг. – советов народных депутатов) и их исполнительных органов – советов народных комиссаров (с 1946 г. – советов министров) для автономных республик, исполкомов для краев и областей, направленные на ликвидацию негативных последствий наводнений и других стихийных бедствий. В основном эти меры касались выделения или перераспределения материальной (финансовой) помощи. Например, 20 октября 1969 г. председатель Совета Министров Дагестанской Автономной Советской Социалистической Республики (далее – АССР) А.Д. Умалатов подписал распоряжение об изменении в выделении средств на ликвидацию последствий стихийного бедствия в городе Махачкале. Если первоначально все средства предполагалось использовать на ликвидацию последствий наводнения в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), то по предложению Махачкалинского горисполкома по городскому бюджету в ЖКХ выделялось 462 тыс. руб., а в учреждения просвещения, здравоох-

ранения и культуры – 88 тыс. руб. и еще 50 тыс. руб. по республиканскому бюджету в учреждения Министерства здравоохранения Дагестанской АССР «в пределах общего объема капитальных вложений, выделенных Советом Министров Дагестанской АССР в 1969 г. на развитие местного хозяйства, без уменьшения плана ввода в эксплуатацию мощностей и жилой площади» (ЦГАРД. Ф. Р-168. Оп. 63. Д. 297. Л. 147–148). Немало внимания уделялось предотвращению негативных последствий стихийных бедствий в будущем. Значительный массив сведений содержит и делопроизводственная документация: сводки об ущербе, докладные и служебные записки, планы проведения мероприятий по ликвидации последствий и их предотвращению и другие материалы.

Одна из специфических особенностей советской системы управления заключалась в ее дуализме: решения государственных органов, как правило, дублировались соответствующими партийными инстанциями. В советское время партийные документы хранились в отдельных партийных архивах, которые в 1991 г. были национализированы. При этом в одних регионах партийные архивы вообще прекратили свое существование, слившись с государственными архивами, в других – сохранили свою самостоятельность, но были преобразованы в архивы (центры документации) новейшей истории. Для исследователей социальных последствий опасных природных явлений в Приазовье могут представлять определенный интерес фонды Центра документации новейшей истории Краснодарского края (далее – ЦДНИКК) и Центра документации новейшей истории Ростовской области с документами Краснодарского крайкома и Ростовского обкома ВКП(б)/КПСС, в Причерноморье – ЦДНИКК.

В то же время главное внимание как советскими, так и партийными инстанциями Дона и Кубани уделялось не морским, а речным наводнениям, обусловленным разливами Дона, Кубани, Протоки и других рек Юга России. Причинявшийся ими значительный ущерб был обусловлен тем, что русла рек располагались «почти на одном уровне, а местами выше земельных массивов», поэтому в периоды наводнений вода выходила из берегов и заливала прилегавшие земли. Только наводнениями 1931–1932 гг. были причинены убытки сельскому хозяйству Кубани на сумму до 45 млн руб., при этом погибло 4 тыс. голов скота, было разрушено 1400 жилых зданий, размыта часть железнодорожных путей. Из зоны затопления пришлось эвакуировать 26 тыс. жителей. При этом убытки от паводков повторялись «ежегодно в разных размерах». Именно с целью ликвидации наводнений и регулирования реки Кубани еще в 1940 г. методом народной стройки, практически вручную, было построено Тщикское водохранилище [ЦДНИКК. Ф. 1774а. Оп. 1. Д. 29. Л. 116].

Ценные сведения содержат и муниципальные архивные учреждения – городские и районные архивы, архивные отделы администраций муниципальных образований. Объем содержащихся в них архивных документов значительно меньше, чем в архивах субъектов Российской Федерации, это преимущественно фонды местных органов власти, городских и районных организаций, предприятий и учреждений, к тому же, как правило, со значительно меньшим сроком хранения, что обусловлено самой спецификой их формирования. Например, в большинстве муниципальных архивов Краснодарского края и Ростовской области содержатся документы только с 1943 г. – момента освобождения данных регионов от немецкой оккупации в годы Великой Отечественной войны.

В то же время социальные последствия ряда морских наводнений, имевших локальные последствия, нашли свое отражение именно в документах муниципальных архивов, поскольку именно местные органы власти – городские и районные съезды советов, советы депутатов трудящихся, народных депутатов и их исполкомы – принимали соответствующие решения об их ликвидации. Так, ценный комплекс документов по масштабному наводнению, произошедшему в конце октября 1969 г. в Приазовье, выявлен в Архиве администрации муниципального образования «Темрюкский район». Прежде всего, это протоколы заседаний городских и районных исполкомов и материалы к ним. Обращает внимание то, что в отличие от документов региональных архивов, содержащих общие решения, в муниципальных архивах хранятся материалы, предусматривающие адресные меры по оказанию материальной помощи конкретным пострадавшим от наводнения лицам. Решения городского совета определяли порядок проведения обследований пострадавших населенных пунктов и жилых домов в них, учет граждан, пострадавших от наводнения, порядок выплаты им единовременной денежной помощи. Кроме того, решениями горсовета предусматривалось запрещение застройки жилых домов в прибрежной полосе, пострадавшей от стихийного бедствия, изъятие земельных участков у пострадавших лиц, меры по профилактике инфекционных заболеваний и пищевых отравлений среди населения пострадавших территорий, санитарно-противоэпидемические мероприятия [Архив администрации муниципального образования «Темрюкский район». Ф. 25. Оп. 1. Д. 150. Л. 12, 46 и др.].

Проблемы стихийных бедствий и их социальных последствий нечасто оказываются предметом изучения историков, в большинстве своем тяготеющих к политическим и экономическим исследованиям. Только в последние годы расширяется круг исследователей, обращающихся к экологической проблематике, в том числе в связи с историческими, геополитическими, социальными и экономическими аспектами, что способствовало изданию специальных сборников документов [Экология и власть, 1999]. Однако социальные последствия наводнений и штормов в Приазовье, Причерноморье и Прикаспии все еще находятся за пределами внимания

историков, вследствие чего рассмотренный в статье комплекс архивных документов остается практически не использованным. Между тем они содержат разнообразную информацию, свидетельствующую как о масштабе вызванных стихийными бедствиями разрушений и их специфике, так и о способах ликвидации социальных последствий опасных природных явлений, технологиях их предотвращения, позволяя судить в итоге об эффективности или неэффективности деятельности органов власти в советский период истории южнороссийского макрорегиона.

Обращение к историческому опыту является одним из необходимых оснований для предотвращения масштабных потерь от природной стихии в будущем. Очевидно, что перспективы в дальнейшем использовании указанных документов связаны с проведением междисциплинарных историко-географических исследований, позволяющих рассматривать во взаимосвязи и взаимной обусловленности сами опасные природные явления, социальные последствия стихийных бедствий и меры органов власти по их ликвидации и предотвращению в будущем.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архивный отдел Администрации муниципального образования «Темрюкский район». Ф. 25. Оп. 1. Д. 150. Л. 12, 46.
2. 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. 157 с.
3. ЦГАРД. Ф. Р-168. Оп. 63. Д. 297. Л. 147–148.
4. ЦДНИКК. Ф. 1774а. Оп. 1. Д. 29. Л. 116.
5. Экология и власть. 1917–1990. Документы. М.: МФД, 1999. 432 с.

ПРИРОДНЫЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ И АНОМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ДОНУ В ПОПУЛЯРНОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ И В СОЧИНЕНИЯХ АВТОРОВ (2-я пол. XIX – нач. XX в.)

Н.А. Мининков
Институт истории и международных отношений ЮФУ, г. Ростов-на-Дону
mininkov@aaanet.ru; namininkov@sfedu.ru

Под экстремальными природными явлениями понимаются климатические показатели и природные казусы, которые случаются время от времени в определенной местности, но укладываются в климатические нормы и составляют их крайности. Под аномальными явлениями следует также понимать природные казусы, но они выходят за пределы зафиксированных норм и формируют новую норму (например, норму температуры, высоты подъема воды, силы ветра и т. д.). И то, и другое имело место не только на Дону, но и на других территориях. Однако судить об этих событиях можно только с того времени, когда устанавливаются регулярные метеонаблюдения и когда имеются свидетельства о природных явлениях, которые могут выдержать проверку на достоверность.

Что касается регулярных метеорологических наблюдений на Дону, то они появляются в пореформенный период. Они были одним из выражений пореформенной модернизации, поскольку буржуазные отношения в разных сферах хозяйственной деятельности нуждались в метеопрогнозах и их точности. В географической и в иной популярной литературе также фиксируются природные явления, которые представляли собой климатическую крайность или выход за пределы крайности и сказывались на жизни общества.

Еще в Статистическом описании Земли войска Донского 1832 г. характеристики погодных явлений давались без фиксации климатических данных, в форме рассказа о них [Статистическое описание, 1891. С. 46–51]. Но уже в труде С.Ф. Номикосова, изданном в 1884 г. и посвященном статистическому описанию Дона, приводятся данные по нескольким метеостанциям [Номикосов, 1884. С. 117–118]. Тем более что подобные данные по

метеостанциям приводил В.В. Богачев в своих «Очерках географии Всевеликого войска Донского», изданных в 1919 г. [Богачев, 1919. С. 109].

Геолог, палеонтолог и географ В.В. Богачев рассматривал возникновение экстремальных явлений в природе как результат естественных колебаний климата на протяжении определенного цикла. Такой цикл, указывал он со ссылкой на немецкого географа, метеоролога и гляциолога Э. Брикнера, составлял 35 лет, он известен как брикнеровский цикл. По Брикнеру на протяжении этих 35 лет климат «изменяется довольно правильно». Сменяют друг друга циклы преимущественно сухой погоды и погоды с повышенным увлажнением, соответственно, с более высоким или более низким уровнем воды в озерах, а также периоды более теплых и более холодных лет [Богачев, 1919. С. 106]. Свою зависимость Э. Брикнер выводил на западноевропейском материале. Но В.В. Богачев соглашался с тем, что эти циклы сменялись примерно в той же последовательности на территории Всевеликого Войска Донского.

Что касается экстремальных явлений, то указания на них могли носить в авторских текстах видимый налет субъективности. Так, в большой статье «С низовьев Дона» из журнала «Дело», опубликованной в 1882 г., московский корреспондент И. Кольцов отмечал очень сильную жару в летнем Ростове, при которой работают грузчики в порту [Кольцов, 1882, с. 288]. Но между тем такая погода могла показаться экстремальной столичному гостю, но для Ростова и для жителя Нижнего Дона ничего экстремального в ней не было, поскольку жара здесь случается каждое лето. Более определенно на экстремальные явления могли указывать авторы из числа местных жителей. Известный донской экономист и статистик И.В. Тимощенков, проживший пять лет среди донских калмыков, исполняя должность штатного смотрителя Калмыцкого окружного училища, в своей повести «Борьба с земельным хищничеством», публиковавшейся в 1886 г. в журнале «Новь», описывал бурю в Сальской степи зимой [Тимощенков, 1886. Т. 12. № 31. С. 38]. Он указывал, что очень трудно приходилось калмыкам, выпасавшим стада на подножном корму круглый год. Но такое явление, как буря с сильным верховым (восточным) ветром, он не оценивал как необычное, хотя и относил его к экстремальным условиям местной погоды. В качестве примера аномально холодной зимы авторы обычно приводят зиму 1848/1849 гг., когда сильно пострадали донские виноградники, причем настолько, что для отрасли вообще возникла угроза.

По существу, авторы любых географических описаний указывали на такое экстремальное явление, как весенний разлив Дона. Вызывалось это таянием снегов в основном не в низовьях Дона, где снега, как правило, было немного или же вовсе не было, а в верховьях реки. Явление это происходило каждый год, но экстремальные разливы случались не всегда. Приводилась фотография особенно сильного разлива весной 1917 г., когда вода подступала к самому железнодорожному полотну вблизи Аксая, где железная дорога идет по правому берегу Дона. Не только во второй половине XIX в., но и в начале XX в. в некоторые годы на низком левом берегу Дона напротив Ростова вода доходила до Батайска. Заливало станицу Старочеркасскую, поэтому дома, в которых жили казаки, строились на высоком цоколе, и жилым в этой станице был по существу второй этаж дома, а во время разливов жители передвигались по станице на лодках. Подобные экстремальные разливы перестали происходить после строительства Цимлянского гидроузла в начале 50-х годов.

Но если экстремальные весенние разливы от воды, поступавшей с верховьев Дона, перестали нести угрозу жителям Нижнего Дона, то опасность экстремального наводнения сохранялась снизу, со стороны Азовского моря, при сильном нагонном ветре. В литературе описаны так называемые низовки, когда юго-западный ветер нагонял воду из Таганрогского залива в Дон, в результате чего происходили затопления станицы Елизаветинской и хуторов, расположенных на островах, отчасти мест вблизи посада Азов и станицы Гниловской, а также Усть-Койсуга и других поселений на левом берегу Нижнего Дона. Выше разделения главного русла Дона на Дон и Мертвый Донец низовки уже не представляли такой серьезной опасности, хотя повышение уровня воды в Дону было заметно. Поэтому постройки в станице Елизаветинской и в хуторах на донских островах строились, как и в станице Старочеркасской, с учетом низовок. Особенность низовок состояла в том, что ветер с юго-западной стороны дул непродолжительное время и сменялся на северо-западный ветер, который местное население называло горовым, и в результате изменения ветра вода спадала, или, по-местному, «сдергивала». Дон возвращался в свои берега, а жителям приходилось подсчитывать убытки от наводнения. Но отдельные низовки были очень опасны. Так, по сведениям В.В. Богачева, в конце февраля 1914 г. низовка была так сильна, что разметало несколько песчаных кос, были разрушены строения, погибло много людей и скота [Богачев, 1919. С. 119].

Для многих станиц представляли опасность явления, описанные еще в 1818 г. есаулом Е.Н. Кательниковым, жителем станицы Верхне-Курмоярской, в то время Второго Донского сыскного начальства. По его описанию, станица одновременно страдала от опасности пожаров, которые были неизбежны с учетом скученности расселения и использования печей в летнее время для приготовления пищи; наводнений из-за разливов Дона, а также от наступления песков с левого берега реки [Кательников, 1886. С. 5, 8]. Кроме того, Дон постоянно менял свое русло. Всё это становилось причиной довольно частого переноса станицы Верхне-Курмоярской,

как и ряда других станиц, с места на место, о чем также писал Кательников [Кательников, 1886. С. 9]. Вообще наступление песков представляло собой угрозу для некоторых станиц, расположенных на левом берегу Дона. Так, в «Тихом Доне» Вёшенская описывается как станица «Невеселая, плешивая без садов» и «вся в засыпи желтопесков» [Шолохов, 2004. С. 85]. Такое явление представляло сложность для земледелия на левом берегу Дона. Поэтому в характеристиках станиц, в том числе в серии экономических описаний И.В. Тимощенкова, нередко указывается, что наиболее плодородную часть станичного юрта представляют водоразделы по правому берегу Дона [Тимощенков, 1906. С. 99]. Уже в советское время борьбу с наступлением песков на левом берегу Дона в пределах Вёшенского района стали вести с помощью посадок сосны, которая в этих местах хорошо прижилась. Кроме того, в качестве меры, необходимой для защиты берегов, существовал запрет на распашку земли вблизи берега реки.

Для земледелия на Дону природные условия были неодинаковыми. Наилучшими считались земли в пределах Хопёрского округа, вблизи хорошо известных воронежских черноземов, а также земли на юге области, в пределах Черкасского и Ростовского округов, на левом берегу Дона, где начинались мощные предкавказские черноземы. На значительной территории области, по правому берегу Дона, благоприятными для земледелия были, прежде всего, речные водоразделы. В значительной мере острота земельного вопроса в пределах Войска Донского объяснялась не только привилегиями казачества и нехваткой земли у крестьян, прежде всего у иногородних. Она определялась также особенностями природных условий, когда в пределах станичных юртов при общем земельном довольствии не доставало как раз хорошей земли. Поэтому в пореформенный период в качестве одной из мер для преодоления земельного дефицита у казаков стало их добровольное переселение на войсковые запасные земли с организацией целого ряда новых станиц, не на берегу Дона или Северского Донца, а в степи. Для земледелия на Дону одним из наиболее значительных угрожающих явлений были засухи. По данным о нормах выпадения осадков, приводившимся В.В. Богачевым, Область войска Донского имела меньше осадков, чем черноземная полоса России, но несколько больше, чем Поволжье, особенно его полупустынная зона, начиная примерно от Царицына. В пределах самой области количество осадков уменьшалось в сторону юго-востока, наибольший их дефицит был в пределах Сальского округа [Богачев, 1919. С. 111, 112]. Как отмечал И.В. Тимощенков, в ряде станиц и их юртов дефицит влаги, а также недостаточность мер по ее сбережению, отсталая система земледелия и недостаток техники были причиной убыточности земледелия, которой, как он писал, зачастую сами казаки не замечали из-за неправильности их подсчетов экономической составляющей отрасли [Тимощенков, 1908. С. 190]. Наиболее ярким проявлением засухи как природной катастрофы был 1921 г. с его страшным голодом, затронувшим также советскую Донскую область. Одной из причин бедствия называют природную аномалию, когда климатические показатели за апрель 1921 г. соответствовали показателям июня.

Для животноводства к экстремальным природным явлениям относились эпизоотии, которые были на территории области довольно регулярными. К болезням скота относились, прежде всего, ящур и сибирская язва. В качестве причин указывались такие, как низкий уровень ведения животноводческого хозяйства и ветеринарной защиты. Это было отчасти не случайно и соответствовало особенностям культуры казачества. Так, при экономическом описании станиц Второго Донского округа И.В. Тимощенков обращал внимание прежде всего на то, что станицы особенно гордились друг перед другом состоянием коневодства. По его словам, «прирожденные с древнейших времен казакам хвастовство и гордость» вели к тому, что в станицах придается очень «большое значение жеребячьему делу, так что не согласно с здравым смыслом» [Тимощенков, 1907. С. 107]. Но гораздо меньше внимания, чем коневодству, казаки уделяли другим отраслям животноводства. Также нередки были эпизоотии в чисто животноводческом хозяйстве казаков-калмыков Сальского округа.

Таким образом, экстремальные и аномальные явления природы на территории Войска Донского описывались в сочинениях разных авторов. Такие описания дают представления об особенностях природы на Дону в период до установления советской власти, о некоторых сложностях ведения местным населением хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Богачев В.] Очерки географии Всевеликого Войска Донского. Новочеркасск, 1919.

2. [Кательников Е.Н.]. Историческое сведение Войска Донского о Верхне-Курмоярской станице, составленное из сказаний старожилов и собственных примечаний, 1818 года декабря 31 дня, Евлампия Кательникова. Под ред. действительного члена Комитета и.д. секретаря И.П. Попова. Новочеркасск, 1886.

3. Кольцов И. С низовьев Дона // Дело. Литературно-художественный журнал. 1882. № 8. С. 285–312.

4. Номикосов С.Ф. Статистическое описание Области войска Донского. Новочеркасск, 1884.

5. Статистическое описание земли донских казаков, составленное в 1822–1832 годах. Новочеркасск, 1891.

6. Тимощенков И. Борьба с земельным хищничеством // Новь. 1886. Т. 12. № 31. С. 27–40.

7. Тимощенков И. Второй Донской округ Области войска Донского // Сборник Областного войска Донского Статистического Комитета. Новочеркасск, 1906. Вып. 6. С. 83–106.

8. Тимощенков И. Кобылянская станица (стат.-экон. очерк) // Сборник Областного войска Донского Статистического Комитета. Новочеркасск, 1907. Вып. 7. С. 98–109.

9. Тимощенков И.В. Труды по обследованию станиц Области войска Донского. Новочеркасск, 1908.

10. Шолохов М.А. Тихий Дон. В 4 кн. М.; Киев; Париж, 2004.

ЗАСУХИ В КОНЦЕ XIX – ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XX в. И ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ НАСЕЛЕНИЯ (по материалам Причерноморья, Приазовья и Центрально-Черноземной области)

М.Е. Разиньков

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж

razinkov_mihail@mail.ru

Такое опасное природное явление, как засуха, давно привлекает внимание исследователей [Классики русской агрономии … 1951]. В последнее время наметилось создание междисциплинарной области, изучающей влияние природно-климатических факторов на жизнь населения, в которой сочетаются выводы ученых-естественников и наблюдения историков.

Для южных областей Российской империи засуха представлялась явлением не только частым, но и опасным, поскольку могла вызвать массовый голод. Согласно И.Е. Бучинскому, прибрежные территории Черного и Азовского морей (со стороны Украины и Молдавии) находятся в зоне повышенной засушливости и частотность почвенных засух при севе озимой пшеницы даже в середине 1970-х гг. здесь составляла от 61 до 80 %, при колошении захватывая еще большие территории, доходя до 90 % в прибрежной зоне и подходя к центральным районам Украины с показателем 51–60 % в год [Бучинский, 1976. С. 23–24, 26]. Зоны, которые определяют процент засушливости в 41–60 % в год, распространяются на центрально-черноземные области. Показательно, что современная Воронежская область, наряду с Ростовской и Краснодарским краем, относится к полузасушливым (северная часть Ростовской области вообще районируется как засушливая, а вот другие области Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) оказываются в более благоприятной климатической ситуации: Тамбовская, Белгородская – полувлажные, Курская и Орловская – влажные). Выходящие на побережье Черного и Азовского морей современные Запорожская, Николаевская, Одесская области, Республика Крым – засушливые, а Херсонская область – очень засушливая [Бучинский, 1976. С. 96]. Для засух характерна цикличность, причем циклы бывают нескольких типов, растягивающиеся на десятилетия [Брауде, 1965. С. 32; Матвеев, 2019].

Известно, что засуха 1891–1892 гг., охватившая Центрально-Черноземную область (ЦЧО), Южную Украину, бассейн Нижнего Дона, Северный Кавказ, повлекла за собой голод. Для Воронежской губернии гидротермический коэффициент (ГТК) в 1891 г. составил 0,42, что является самым низким показателем с 1873 по 2017 гг. В 1892 г. он составил 0,56 (при определении засушливости от 1 и ниже). Интересно, что в 2010 г. после целого ряда засушливых лет (в 2009 г. ГТК – 0,63) засуха спровоцировала пожары в Воронежской области, от которых выгорели все пригородные леса вокруг областного центра [Матвеев, 2003. С. 255]. Засуха 1901 г. стала одной из причин крестьянских восстаний на Украине в 1902 г., положивших начало т.н. общинной революции. В революционный 1905 г. засуха в тех же областях (Дон, Украина, ЦЧО, Северный Кавказ) повторилась, хотя и с меньшей интенсивностью. Засушливыми были 1917 г. (для ЦЧО), 1918 г. (юг и восток Украины). За благоприятным 1919 г. последовала мощная засуха 1920–1921 гг., которая стала отражением т.н. 30-летнего природно-климатического цикла, приносящего особенно тяжелые и многолетние сухие периоды. Засуха, охватившая бассейн Дона, ЦЧО, Северный Кавказ, Украину, Крым, не говоря уже о Поволжье [Бучинский, 1976. С. 45–47], вызвала голод и крестьянские восстания. Так, восстала Тамбовская губерния, являвшаяся до 1919 г. крупнейшим поставщиком хлеба, а теперь испытывавшая его нехватку. Охваченный засухой юго-восток Воронежской губернии породил «колесниковщину». Показательно, что если для 1917 г. падение урожайности в ряде регионов (ЦЧО) власти могли частично компенсировать за счет южных регионов (например, на Кубани проблемы с продовольственными

поставками были связаны, скорее, с антропогенными факторами) [Ботина, 1981. С. 92–93], то в 1920–1921 гг. хлеба просто негде было достать.

Территории, на которых шли военные действия в 1920 г., также были затронуты засухой. Жара и засуха, с одной стороны, оказывали непосредственное влияние на состояние комбатантов, а с другой, – усугубляли развал и без того деградирующей экономики. П.Я. Плаудис рассказывал, как после тяжелейшего боя 25 июля 1920 г. в условиях страшной жары в Северной Таврии от его 5-го Земгальского полка осталось 54 бойца, большинство из которых лежали без сил, «а некоторые и без сознания. Передовые части белых посчитали нас мертвыми» [Разиньков, 2012. С. 76]. Жара стала существенным фактором разгрома корпуса Д.П. Жлобы, наступавшего в Таврии в этот момент. Одновременно в изолированном Крыму цены на продукты могли достигать заоблачных высот. В Керчи цена пшеницы составляла летом 1920 г. до 4000 руб. за пуд, муки до 5500 руб., пшена до 15 000 руб. (в Симферополе были случаи предложения пшена за 100 000 руб. за пуд!) [ГАРФ. Л. 1–5 об.].

М.Д. Карпачев приходит к выводу о значительной эффективности помощи крестьянскому населению со стороны государства и общественных организаций во время голода 1891–1892 гг. Закупки продовольствия, ссуды, общественные столовые в какой-то степени компенсировали проблемы с продовольствием. При этом российская администрация и общественность действовали успешнее, чем англичане примерно в эти же годы в Ирландии и Индии [Карпачев, 2017]. Голод 1921–1922 гг. был мощнее, в т.ч. из-за недостаточности усилий, предпринимаемых государством и общественными структурами в силу их деградации. Государство не только снижало реальные нормативы потребления продуктов питания, но и издавало рекомендации о том, как правильно пользоваться суррогатами. Именно в это время наиболее четко обозначились стратегии выживания, вплоть до массовых случаев каннибализма. Ситуация в некоторых регионах доходила до кошмарного состояния [Нарский, 2001. С. 506–560].

В заключении хотелось бы отметить, что влияние такого опасного природного фактора, как засуха, еще не до конца интегрировано в исследования. В частности, в Черноземном регионе (особенно в Воронежской губернии) ситуация с засухами 1917 и 1920–1921 гг. исследована слабо. Например, в хорошо фундированной диссертации Г.И. Псарева по Черноземью проблемы с продовольственным обеспечением 1917 г. предстают как сугубо антропогенные [Псарев, 1984]. Голод 1921 г., имевший, несомненно, место в Воронежской губернии и коснувшийся, прежде всего, городских поселений, вызвал не только повышенную смертность среди социально уязвимых категорий населения (например, городская интеллигенция), но и массовый отток жителей из городов в деревни, либо в другие регионы [ГАВО. Л. 2]. Кроме того, не до конца выяснено влияние засух и продовольственных проблем на повстанческое движение на Украине, Дону, Северном Кавказе, в Черноземье. С одной стороны, они могли провоцировать недовольство, но, с другой, – нехватка продовольствия могла снижать протестную активность, заставляя население искать пропитание.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00814 (18-00-00813).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботина Е.Г. Продовольственный вопрос в Кубанской области в период подготовки и проведения Великой Октябрьской Социалистической революции: дис. … канд. ист. наук. Краснодар, 1981. 176 с.

2. Брауде И.Д. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО. М.: Наука, 1965. 140 с.

3. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1976. 216 с.

4. Государственный архив Воронежской области (ГАВО). Ф. Р-458. Оп. 1. Д. 258.

5. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф. Р-879. Оп. 1. Д. 84.

6. Карпачев М.Д. Губернатор Е.А. Куровский и борьба с голодом в Воронежской губернии в 1891–1893 гг. // Личность в социуме, государстве, истории: мат-лы Одиннадцатой регион. науч. конф. (г. Воронеж, 1 февраля 2017 г.) / под общ. ред. В.Н. Глазьева. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. С. 73–83.

7. Классики русской агрономии в борьбе с засухой / под ред. Н.А. Максимова. М.: Из-во АН СССР, 1951. 484 с.

8. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2003. 272 с.

9. Матвеев С.М. Циклическая динамика климата Воронежской области, дендроклиматология [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=ZsVTWGkUk4E (дата обращения 18.04.2019).

10. Нарский И.В. Жизнь в катастрофе: Будни населения Урала в 1917–1922 гг. М.: РОССПЭН, 2001. 632 с.

11. Псарев Г.И. Хлебная монополия и продовольственные комитеты Черноземного центра России в 1917 г.: дис. … канд. ист. наук. М., 1984. 209 с.

12. Разиньков М.Е. Белые, красные, интервенты: психология вооруженного противостояния. Воронеж, 2012. 187 с.

ДИНАМИКА СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ В ДЕЛЬТЕ ДОНА В ЭПОХУ БРОНЗЫ – РАННЕГО ЖЕЛЕЗА КАК МАРКЕР ПАЛЕОЛАНДШАФТОВ

И.В. Толочко, В.В. Польшин, А.Ю. Московец
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
ivtolochko@ssc-ras.ru

Территория Нижнего Подонья (и его значимой части – дельты Дона) насыщена археологическими памятниками широкого хронологического диапазона. Динамика и интенсивность этнокультурных процессов во многом обусловлена расположением этой культурно-исторической области на стыке обширных природно-географических зон и крупных историко-географических территорий – лесостепного Подонья, Поволжья, Северного Кавказа и Днепро-Донецкого региона, что «определило ее роль как проводника многочисленных взаимовлияний» [Кияшко, 1994. С. 9].

Характеристика ландшафта островной дельты. В центральной части дельты археологические памятники приурочены, как правило, к большим массивам широтно-вытянутых песчаных дюн («бугров»). Предполагается, что это остатки преобразованного эрозией коренного берега/террасы палео-Дона [Родионов, 1958; Миноранский, 2004]. Высоты отдельных дюн в пределах островной дельты достигают более чем 6 м над уровнем моря, достаточно много песчаных массивов имеют абсолютные высоты в пределах 3–4 м над уровнем моря, при этом площадь некоторых из них составляет десятки гектаров. Дюны и их массивы разделены многочисленными пересыхающими остатками ериков (узких протоков, соединяющих рукава реки между собой или с морем) и мелкими озёрами («музгами»), составляя своеобразный ландшафтный комплекс со специфическим растительным и почвенным покровом [Гарбузов и др., 2009]. Ряд памятников располагается на прирусловых валах, протянувшихся вдоль донских гирл. Они сложены песками и супесями, а верхние горизонты почв обычно имеют мощность 0,3–0,4 м. Высота гряд в среднем 1–2 м. Но с эпохи бронзы и до Позднего Средневековья гряды были несколько выше, благодаря чему во время паводков не затапливались.

Как показали недавние исследования среднего течения реки Самбек [Schlöffel et al., 2016], процесс накопления речных наносов привел к подъему уровня дна долины по отношению к ее склонам. Таким образом, древние стоянки эпохи бронзы, располагавшиеся у подножия склонов долины Самбека, находились примерно на 3–4 м выше уровня зоны затопления и были значительно менее подвержены затоплению. Кроме того, подъем уровня дна долины привел к утрате части площади пологого склона. Пригодная для обитания современная область склонов оказалась значительно меньше по площади, чем была четыре тысячи лет назад.

О сравнительно низком среднем уровне паводков в районе донской дельты во второй половине XIX в. свидетельствуют данные 1870 г.: «В низовьях реки высота разлива постепенно уменьшается к устьям, и когда при Аксайской станице вода возвышается более 2 саженей1, при Рогожкино – не более 1 ½ аршина2, а в самых гирлах – менее чем на 1 аршин3 [Краснов, 1870. С. 6]. Проанализированный архивный материал позволил сделать выводы о значительном изменении гидрологического режима дельты реки Дон в конце XIX – начале XX в. [Соболев, 1905; Соколов, 1911; Зилов, 1913]. Основной причиной этих изменений стало проведение дноуглубительных работ на устьевом донском баре во второй половине XIX в.

С отсутствием естественной преграды увеличились уклон дна и скорость водного потока. Это отразилось на понижении уровня воды в дельте в период сгонных явлений: «В последние года, когда с общим углублением всего судоходного канала совершенно исчез морской бар, служивший могучим препятствием для чрезмерного падения воды во время сильных сгонных северо-восточных ветров, стали наблюдаться необычайные понижения горизонта воды, которые ранее даже не были известны местным старожилам. Так, например, в 1904 году сгон воды был настолько силен, что рейки у плавучего маяка, поставленного в конце канала на расстоянии 18 верст4 от устья р. Переволоки, показывали 10,5 футов5 ниже нуля» [Зилов, 1913].

Устранение естественной преграды в виде сплошного устьевого бара способствовало снижению уровня воды в рукавах донской дельты. До начала проведения дноуглубительных работ он являлся природной низконапорной плотиной, которая регулировала скорость водного потока как на устьевом взморье, так и в донской дельте. То есть в маловодные периоды гидрологический режим в дельте Дон носил «лиманный» характер,

1 Т.е. более 4 м.
2 Не более 1 м.
3 Менее 0,7 м.
4 Около 19,2 км.
5 Около 3,2 м.

с минимальными скоростями стокового течения. Это могло способствовать более интенсивному прогреву водных масс, что увеличивало кормовую базу для рыб. Геоморфологическая перемычка в виде устьевого бара даже при падении уровня в Азовском море на несколько метров могла способствовать активному развитию рыболовства в донской дельте, что подтверждается большим количеством артефактов, связанных с добычей рыбы, происходящих из района дельты Дона, относящихся к XI в. до н. э. – V в. н. э.

Основные этапы заселения дельты Дона. Эпохой стыка катакомбного мира и срубной культуры (около XVIII в. до н. э.) датируется существование т. н. Ливенцовско-Каратаевской крепости (правобережье р. Мёртвый Донец, западная окраина г. Ростова-на-Дону), в материальной культуре которой присутствовали как северокавказские компоненты, так и элементы Каменско-Ливенцовской культурной группы памятников 2000–1700 гг. до н. э., существовавшей на территории Крыма, донского и прикубанского Приазовья [Братченко, 1969; Отрощенко, 2001]. Крепость состояла из меандровидной стены с невысокими башнями, опоясанной с напольной стороны рвом, и ряда построек, расположенных во внутреннем пространстве форпоста – жилых и хозяйственных, использовавшихся как загоны для скота.

Каменско-Ливенцовская культура сложилась на основе позднекатакомбных групп южного массива скотоводческих племен. Подытоживая исследование, С.Н. Братченко отметил, что «в какой-то мере она причастна к культуре более поздних исторических киммерийцев … через последующие периоды культурных трансформаций» [Братченко, 1985].

Финал эпохи средней бронзы на юге Восточной Европы ознаменовался значительными культурными изменениями – произошла деструкция катакомбных культур, на их основе сформировались посткатакомбные культурные образования. Эти события происходили в середине суббореального периода голоцена, сопровождавшегося резкой аридизацией климата, масштабной экологической катастрофой (около 4 тыс. лет назад появилась пустыня Сахара, наблюдалось катастрофическое иссушение ландшафтов в Средней Азии и Северной Месопотамии, подобные явления в той или иной мере затронули и всю Восточную Европу). Аридизация в степной зоне выражалась в усилении континентальности климата, в том числе – уменьшении осадков в холодный период и понижении зимних температур [Мимоход, 2019]. Резкая аридизация климата стала толчком к переходу к кочевому (номадному) способу ведения скотоводства, подготовленного, помимо всего прочего, изменением хозяйства, выразившегося в трансформации видового состава стада в сторону увеличения его мобильности, в развитии отгонных форм скотоводства, увеличении в составе стада доли мелкого рогатого скота, освоении лошади в качестве верхового животного. На финальном этапе эпохи бронзы (XI–IX вв. до н. э.) большая часть населения нижнедонского региона переходит уже к номадизму, к концу его практически исчезает оседлый быт. Период финальной бронзы для населения степи – это период взаимосвязанных катастроф. Природно-климатическая катастрофа повлекла за собой демографическую – резко уменьшается численность населения [Матишов и др., 2013].

В низовья Дона из Закубанья переселяются носители кобяковской культуры (IX–VIII вв. до н. э.). В основе хозяйства кобяковцев находились пастушеское придомное скотоводство и земледелие при значительном удельном весе рыболовства и меньшем – охоты. Очевидно, что приоритет в хозяйстве населения кобяковской культуры принадлежал рыболовству. Об этом говорит огромное количество костей рыбы, достигающее на Кобяково почти 84 % и множество орудий рыбной ловли. Памятники нижнедонского варианта кобяковской культуры локализуются в приустьевой части правого коренного берега Дона.

Расположение анклавов северокавказских культур на небольшом участке правобережья Подонья археологически фиксируется в разные эпохи, в том числе это Ливенцовско-Каратаевская крепость конца эпохи средней бронзы, меотские городища округи Танаиса (I–III вв. н. э.) [Каменецкий, 1964]. Однозначного объяснения этому феномену пока нет.

В начале XX в. Л.С. Бергом была сформулирована идея принудительного воздействия ландшафта на организмы, в результате которого происходит приспособление вида к определенной среде [Раев, 2008; Гумилёв, 1968], в дальнейшем эта наследственная информация передается от поколения к поколению. Этнос приспосабливается к географической среде через хозяйственную деятельность, наилучшим образом адаптированную к географической специфике региона.

Применительно к Закубанью можно говорить о формировании здесь в конце II тыс. до н. э. – первой половине I тыс. до н. э. особого вида хозяйства, в котором при определяющей роли кочевого скотоводства сочетались земледелие, пастушеское скотоводство, домашнее ремесленное производство. При всей ограниченности возможностей дальнейшего развития [Хазанов, 1972] следует признать, что местные племена вырабатывают оптимальные приемы ведения хозяйства, навыки быта, религиозные представления и пр., обусловленные занятой ими экологической нишей.

Данные способы ведения хозяйства используются и развиваются переселенцами применительно к климатическим особенностям и природным ресурсам Нижнего Дона – района миграций на протяжении нескольких тысячелетий.

Работа выполнена 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. Братченко С.Н. Багатошарове поселення Лівенцівка I на Нижньому Дону // Археологія, 1969.

2. Братченко С.Н. Каменско-Левенцовская группа памятников // Археология Украинской ССР. Киев, 1985, т. 1.

3. Гарбузов Г.П., Белов В.В., Толочко И.В. Проблемы формирования археологической базы данных для территории природного парка «Донской» (участок «Дельта Дона») // Вестник ЮНЦ. Т. 5. № 3. 2009. С. 49–58.

4. Гумилев Л.Н. Этно-ландшафтные регионы Евразии за исторический период // Доклады на ежегодных чтениях памяти Л.С. Берга. VIII–XIV. Л., 1968.

5. Далли О., Аттула Р., Брюкнер Х., Кельтербаум Д., Ларенок П., Нееф Р., Шунке Т. Греки на Дону: результаты германо-российских раскопок в Таганроге и его окрестностях (экспедиции 2004–2007 гг.) // Краткие сообщения института археологии РАН. Вып. 229. 2013. С. 140–179.

6. Зилов Ю. Изыскания в восточной части Таганрогского залива 1912–1913 гг. // Труды отдела торговых портов. 1905. Вып. XXXV.

7. Каменецкий И.С. Население Нижнего Дона в I–III вв. н. э.: дис. … канд. ист. наук. М., 1964 // Архив ИА РАН. Р-2, № 1934, 1935.

8. Кияшко В.Я. Между камнем и бронзой (Нижнее Подонье в V–III тыс. до н. э.) // Донские древности. Азов, 1994. Вып. 3.

9. Краснов Н.И. Военное обозрение земли Донскаго войска. СПб., 1870.

10. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В., Шевердяев И.В. Голоценовая история азовского шельфа // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 42–53.

11. Матишов Г.Г., Толочко И.В., Потапов В.В., Набоженко М.В., Польшин В.В., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. Нижнее Подонье в эпоху поздней бронзы и раннего железа: палеогеографические реконструкции // Вестник ЮНЦ РАН. 2013. Т. 9. № 4. С. 56–65.

12. Мимоход Р.А. Теория оптимального кризиса: экология и адаптация // Природа. 2019. № 1. С. 43–49.

13. Миноранский В.А. Уникальные экосистемы: дельта Дона (природные ресурсы и их сохранение). Ростов н/Д, 2004.

14. Отрощенко В.В. Проблеми періодизації культур середньої та пиздньої бронзи Півдня Східної Європи. Київ, 2001.

15. Раев Б.А. Ранние аланы и горные системы Евразии: выбор экологической ниши // Вклад кочевников в развитие мировой цивилизации: сб. мат-лов Междунар. науч. конф. Алматы, 21–23 ноября 2007 г. Алматы, 2008. С. 124–133.

16. Родионов Н.А. Гидрология устьевой области Дона. М.: Гидрометеоиздат, 1958.

17. Соболев В.Н. Описание Таганрогского порта // Труды отдела торговых портов. Вып. XVI. СПб., 1913.

18. Соколов А.П. Главные данные и краткий очерк развития // Ростово-Нахичеванский и Азовский порты. Ростов н/Д, 1911.

19. Толочко И.В., Польшин В.В. К вопросу о палеогеографической реконструкции дельты Дона в античную эпоху // Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Географическая среда и социум. Боспорские чтения. Вып. XVI. Керчь, 2015. С. 317–328.

20. Хазанов А.М. Некоторые проблемы экологии номадизма // Карта, схема и число в этнической географии. М., 1972.

21. Schlöffel M., Schneider S., Schütt B. Fluvial dynamics and phases of landscape development in the Bronze Age settlement area of the Sambek valley (northeastern hinterland of the Sea of Azov) // Méditerranée. 2016. 126. P. 91–100.

РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ИСКУССТВЕ

М.М. Шульга
Южный научный центр РАН, г. Ставрополь
shulgamm@mail.ru

В толковом словаре С. Ожегова дается две трактовки понятия «катастрофа»: 1) неожиданное и грандиозное событие в истории планеты, влияющее на ее дальнейшее существование; 2) событие с трагическими последствиями [Ожегов, 2014]. Эти два подхода отражают общий дискурс проблематики катастроф в науке.

Катастрофа в буквальном переводе означает поворот, перестройка. Такое значение соответствует наиболее общему представлению о катастрофах в естествознании, где эволюция Земли видится как серия разных катастроф, вызывающих смену геологических процессов и видов живых организмов. Это природные катастрофы – понятие, которое соотносят только с экстремальными природными явлениями и процессами, в результате которых происходит гибель людей. Природные катастрофы в общепринятом их понимании всегда были одним из элементов глобальной экодинамики. Стихийные бедствия и различные природные катаклизмы в прошлом происходили в соответствии с развитием естественных природных трендов. К природным катастрофам чаще всего относят извержение вулканов, землетрясения, наводнения, цунами, торнадо (смерчи), ураганы (тропический циклон), песчаную бурю, лавину, сель, оползень, засуху.

Представления о катастрофе как о бедствии глобального масштаба, меняющем общий ход событий на Земле и в человеческой истории, и имеющем трагическую окраску, сложились много тысячелетий назад. Нет ни одной культуры, в которой бы отсутствовал образ бедствия, воспринимаемого как крушение мироздания. В мифах катаклизмы локального масштаба, имевшие место в истории каждого народа, приобретают черты вселенского потрясения, переживаемого глубоко личностно. Впечатляющие картины созданы в рамках эсхатологических мифов о конце мира, существующих в развитых мифологиях и выделяемых исследователями в отдельную категорию.

Изображение катастрофы в мифах различных народов обычно дает страшную картину крушения мироустройства, в эпицентре которого находится человек.

Гибельность и разрушительность – обязательные компоненты изображения катастрофы в различных мифологиях, однако этот план не является единственным. Помимо этого здесь присутствуют устрашение и назидательность, представления об очистительном характере мирового катаклизма, понимание возможности иной траектории исторического движения, а также спасительность и надежда.

На уровне универсальных культурных архетипов, прослеживаемых в мифах самых различных народов, дается страшная картина вселенского катаклизма. Мифологический образ катастрофы многопланов, он отлит в разнообразные сюжетные и стилистические формы в зависимости от особенностей культурной традиции того или иного народа, но везде катастрофа – будь то потоп или пожар, приводящие к гибели большинства людей; гибель поколения великанов или старших богов, хтонических чудовищ или героев; разрушение родоначальных устоев или хаотизация космоса – предстает как потрясение существующего миропорядка, прерывность исторического движения, решительный поворот, переход к иному состоянию, изменение сложившегося соотношения сил. При этом рассказ о катаклизмах прошлого часто используется как объяснение нынешнего состояния культуры, этноса или человеческого рода [Кузнецов, 2000]. Таким образом, природные катастрофы в мифологизированном сознании тесно связаны с социальными катастрофами – разрушением устоев, сложившегося миропорядка в целом.

Все это находит яркое воплощение в произведениях искусства, прежде всего, изобразительного: возникли образы безобразного, страшного, ужасного как наиболее видимые эстетические категории катастрофы. В романтизме, например, складывается самостоятельное направление в искусстве – эстетика умирания. Формируется целая система ключевых образов, обнаруживающих катастрофически-трагедиинное там, где оно не заявлялось демонстративно: молчаливые и печальные пейзажи; одинокие маленькие фигурки, теряющиеся в кущах и далях; сами дали, которые своей беспредельностью и величием («равнодушная природа») вызывают томительное смятение, будущую «тошноту». Романтическое искусство обогатило поэтику катастрофического особым узнаваемым колоритом; композицией, играющей масштабами; образами небесной и морской бездн и одиноких гибнущих кораблей; и главное – присутствием автора, «заражающим» безучастную природу человеческой печалью, тоской, болью [Швец, 2012].

Интересным в контексте темы статьи представляется метафорическая концептуализация природных катастроф, предложенная Е.В. Ивановой. Она выделяет три основные фрейма отражения катастроф: «Природная

катастрофа – живой организм»; «Природная катастрофа – это война/борьба»; «Природная катастрофа – действие высших сил» [Иванова, 2007].

В рамках подготовки статьи был проведен контент-анализ формы репрезентаций катастроф в классическом и современном изобразительном искусстве. В качестве документальной базы были взяты первые 100 изображений, предложенных по запросам «изображение природных катастроф в классическом искусстве (до XIX в.)» и «изображение природных катастроф в современном искусстве (XIX–XXI вв.)» поисковиком Яндекс-картинки (таблица 1).

Таблица 1. Формы репрезентации природных катастроф в искусстве

Формы репрезентаций природных катастроф	В классическом искусстве	В современном искусстве
Природная катастрофа – живой организм	28	40
Природная катастрофа – это война/борьба	7	50
Природная катастрофа – действие высших сил	65	10

Приведенные результаты контент-анализа демонстрируют закономерные изменения в восприятии природных катастроф, связанные с изменениями в жизни человека и общества.

С активным развитием научно-технической революции в XIX столетии на экодинамику начинают влиять антропогенные факторы. Развертывание в XX в. инженерной деятельности и формирование сложной социально-экономической структуры мира резко повысили долю антропогенно обусловленных природных катастроф, которые получили название техногенные.

Постепенно в катастрофический ряд, наряду с мучительной гибелью, страхом природных и техногенных катастроф, входит облик простого, обыкновенного, живого человека, катастрофичного именно своей одинокой человечностью. Катастрофа стала трактоваться не только как трагическое событие в жизни отдельного человека или группы людей, но и как всеобщее состояние, обретя статус антропологической катастрофы.

Катастрофизм в социально-психологическом смысле есть факт общественного сознания. Мироощущение, мировосприятие, миропонимание социальной группы включает в себя настроения, наглядные представления и концептуальные построения, соотнесенные с переживаниями за будущее общности, увязанными с судьбами мира. Напряженность переживания усиливается в кризисных ситуациях, когда дыхание небытия ощущается особенно остро, когда лицо смерти становится зримым, когда мысли непроизвольно обращаются к поиску выхода из ситуации, представляющейся крайне безнадежной.

Едва ли не самыми показательными в системе образов катастрофического являются образы войны. Война в искусстве – традиционный сюжет, который изменяет свое образное выражение вместе со сменой эпох и стилей.

Обобщая современное состояние дискурса катастроф, приведем классификацию катастроф, сконструированную на основе соотношения катастрофы с человеческой деятельностью:

1. Катастрофы, независимые от человека. Сюда входят природные катастрофы, начиная от таких стихийных бедствий, как землетрясения, сели, тайфуны, вплоть до возможного столкновения земли с кометой, способного угрожать самому существованию человека как биологического вида.
2. Катастрофы, являющиеся побочным продуктом человеческой деятельности, ставящей целью получение полезного и необходимого результата. Например, возникновение экологических опасностей в результате выбросов отходов производства, в результате разрушения природы, изъятия ресурсов.
3. Социальные катастрофы разных масштабов, которые могут включать локальные, региональные, национальные катастрофы как результат нарастающей дезорганизации в обществе, разрушения культуры, отношения людей, вплоть до приобретения ими форм хозяйственной разрухи, революции, развала государства и общества, гражданской войны. В XX в. реализовалась такая мощная опасность социальных катастроф, как мировые войны, втягивающие в орбиту возможных разрушений множество национальных государств, потенциально весь мир.
4. Духовные катастрофы и разломы, которые, совершаясь в сознании, являются, возможно, наиболее значимыми факторами последующих реальных катастроф [Шляпентох и др., 2007].

Значимость и неизбежность катастроф в современном мире нашла свое отражение в формировании «теории катастроф». В первой половине XIX в. теория катастроф – учение, рассматривавшее геологическую историю Земли как чередование длительных эпох относительного покоя и сравнительно коротких катастрофических событий, резко преображавших лик планеты. В наше время теория катастроф трансформировалась в математическую дисциплину. С точки зрения математики катастрофа – вовсе не обязательно крушение всех надежд или еще какая-нибудь беда, это резкая перестройка системы, качественный скачок ее состояния: неожиданный поворот жизненного пути, социальная революция, экономический бум. И важно в преддверии этих кризисных

ситуаций найти нужный путь, не дающий «застрять» в кризисе. Помогают в этом знаки судьбы – «флаги катастроф», предупреждающие умеющего их читать, что пришел подходящий момент для принятия решений об изменениях как в частной, так и в общественной жизни [Чуличков, 2014].

Сравнительно недавно стали говорить о «катастрофизме» как умонастроении, содержанием которого является представление о том, что человек в наше время неуклонно движется к своему радикальному отрицанию, к своей гибели. В связи с этим анализ репрезентаций катастрофизма в обществе становится перспективным направлением исследований, которые могут помочь увидеть «флаги катастроф», позволяющие вовремя понять необходимость и определить векторы социальных трансформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов О.В. Истоки и смысл «катастрофического» сознания в западной культуре: дис.... д-ра филос. наук. Екатеринбург, 2000. 234 с.

2. Иванова Е.В. Метафорическая концептуализация природных катастроф в экологическом дискурсе (на материале медийных текстов): автореф. дис. … канд. филол. наук. Челябинск, 2007. 21 с.

3. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка / под ред. проф. Л.И. Скворцова. 28-е изд., перераб. М.: Мир и образование, 2014. 1376 с.

4. Чуличков А. Малые параметры больших катастроф [Электронный ресурс]. URL: http://www.manwb.ru/articles/science/natural_science/MalParKatastro_AChul/

5. Швец Т.П. Катастрофа как тема и образ в истории изобразительного искусства: автореф. дис. … канд. искусствоведения. Санкт-Петербург, 2012. 23 с.

6. Шляпентох В., Шубкин В., Ядов В. Катастрофическое сознание в современном мире в конце XX века [Электронный ресурс]. URL: http://sbiblio.com/biblio/archive/shubkin_kato/01.aspx

ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СИВАШСКОЙ НАСТУПАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ В НОЯБРЕ – ДЕКАБРЕ 1943 г.

В.И. Афанасенко
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

Влияние природных факторов на ход и результаты боевых действий в годы Великой Отечественной войны в последнее время все чаще привлекает внимание историков. В частности, этим вопросам был посвящен ряд публикаций в рамках исследовательского проекта «Большая излучина Дона – место решающих сражений Великой Отечественной войны (1942–1943 гг.)», выполнявшегося под руководством академика Г.Г. Матишова в 2014–2016 гг. при поддержке РГНФ [2–5]. Однако многие аспекты данной темы все еще остаются недостаточно изученными. К ним относится и оценка роли природных факторов в проведении операций в Крыму в 1943–1944 гг.

Источниками для данной публикации послужили документы Центрального архива Министерства обороны Российской Федерации (ЦАМО РФ) [7], а также опубликованные материалы [1] и воспоминания [6] непосредственных участников событий. Статья опирается на междисциплинарный подход, позволивший соединить исторические и географические методы и материалы в рамках одного исследования.

К ноябрю 1943 г. под напором войск 4-го Украинского фронта немцы из Северной Таврии отступили в Крым и окопались там, тщательно обороняя подходы к полуострову, кроме одного участка – со стороны Сиваша. Сиваш – залив Азовского моря, протянувшийся вдоль крымского берега более чем на сотню километров. Германское командование считало форсирование Сиваша советскими войсками с тяжелой техникой невозможной операцией и имели для этого основания. Сиваш неглубок, воды в нём в некоторых местах по колено, а где-то по пояс. Но Сиваш коварен. При восточном ветре, нагоняющем волны из Азовского моря, вода быстро прибывает, и идущий вброд человек может утонуть. Дно Сиваша, называемого также «гнилым морем», покрыто полуметровым слоем вязкого ила, часто встречаются ямы глубиной до трёх метров. Выбраться из такой ловушки человеку с грузом в одиночку не под силу. Путь через залив в самом узком месте составляет три километра,

поэтому даже в хорошую погоду и налегке переход длится несколько часов. В ноябре ледяные воды Сиваша сотрясаются штормовыми ветра́ми и огромными волнами до 10 баллов [1, с. 5].

Но советские войска пошли через Сиваш. Перед ними ставилась задача овладеть рубежом Чигары, Хаджи-Булат, Биюк-Кият, Уржино и создать угрозу удара во фланг и тыл частям противника на Перекопе. Первыми перешли Сиваш семь разведчиков во главе с начальником разведотдела 10-го стрелкового корпуса подполковником П.Е. Кузнецовым и проводником из местных жителей Василием Константиновичем Зауличным [7]. За этот подвиг он был награжден орденом Красной Звезды. В качестве сигнала, что берег не занят противником, были зажжены костры. В течение 31 октября 1943 г. 346-я стрелковая дивизия генерал-майора Д.И. Станкевского, пройдя за сутки 85 км, к исходу дня вышла на берег Сиваша в районе Строгановка – Ивановка – Ново-Николаевка. В 02.00 1 ноября 346-я дивизия получила приказ сосредоточиться в районе Комрат-Казеут – Коса для форсирования Сиваша. К 07.00 1 ноября 1168-й и 1164-й стрелковые полки 346-й дивизии вышли в назначенный район. Между 08.00 и 10.00 была произведена рекогносцировка брода, в 11.00 началось форсирование Сиваша из района Коса на мыс Джангара. С 1 по 3 ноября 1943 г. шла переправа через Сиваш войск 10-го стрелкового корпуса генерал-майора К.П. Неверова – 216-й, 257-й и 263-й стрелковых дивизий. Она проходила на трехкилометровом участке от мыса Кугаран к мысу Джангара. Всему личному составу, от рядового бойца до генерала, пришлось преодолеть залив вброд, по пояс в ледяной соленой воде, часто проваливаясь с головой из-за илистого топкого дна. Люди шли цепью, крепко держа друг друга за руки и помогая проваливающимся товарищам. Путь был тяжел. Форсирование происходило без огневого воздействия, так как крымский берег на этом участке не был занят противником. Немцы не учли опыт форсирования Сиваша РККА в годы Гражданской войны в России. Следует отметить, что укомплектованность 216-й, 257-й, 263-й и 346-й стрелковых дивизий 10-го корпуса на 1 ноября 1943 г. составляла 4098, 4385, 6241 и 4017 чел. личного состава соответственно, т.е. менее половины от штатной [8]. Это в значительной степени ограничивало ее возможности по преодолению обороны врага. Первые вышедшие на крымский берег части захватили на нем небольшой плацдарм. Враг быстро опомнился. На переходящих вброд советских воинов посыпались снаряды и бомбы. Воронки от них становились новыми ловушками. На захваченный плацдарм на крымском берегу Сиваша двинулись немецкие танки. Оружия для его обороны едва хватало. Переправлявшиеся вброд солдаты и командиры переносили на себе ружья и патроны, тянули на лодках минометы и пушки. Потери за 01–05 ноября 1943 г. – 3 784 чел. [9]. Через Сиваш с 2 ноября по 9 декабря 1943 г. подразделениями 7-й, 17-й и 63-й инженерно-саперных бригад в ледяной соленой воде, впрягаясь по 60–70 саперов в паром, волоком перетащили на крымский берег 248 орудий и минометов разных калибров, 17 зенитных пулеметов, 45 автомашин, 19 кухонь, 189 лошадей, 1615 ящиков боеприпасов, 60 тонн продовольствия [10]. При форсировании Сиваша был проявлен массовый героизм. Как вспоминал начальник политотдела 51-й Армии С.М. Саркисьян, подробности вступления 51-й Армии в Крым стали известны Верховному Главнокомандующему И.В. Сталину, который дал указание особо отличившихся участников этой операции представить к званию Героя Советского Союза [6, с. 171].

В ходе многодневных боев на крымском берегу Сиваша был отвоеван плацдарм протяженностью по фронту 18,5 км, в глубину 14 км, с общей площадью суши в 73 кв. км. К 29 ноября 1943 г. численный состав стрелковых рот, несмотря на прибывающее дважды пополнение в составе маршевых рот общей численностью 2219 чел., уменьшился. Так, в 216-й Краснознаменной стрелковой дивизии все девять батальонов насчитывали всего 629 «активных штыков», в 257-й Краснознаменной – 549 стрелков, в 263-й дивизии – 527 стрелков, в 346-й Дебальцевской – 632 [11]. Если учесть потери личного состава четырех армейских штрафных рот (163-й, 221-й, 222-й, 223-й АШР), имевших перед переправой 211, 226, 313, 350 бойцов и командиров соответственно, то уже к 14 ноября составе этих рот был следующим: 163 АШР – 145 чел., 221 АШР – 168 чел., 222 АШР – 11 чел., 223 АШР – 14 чел. [12]. Потери шрафников составили 762 бойца и командира. В целом все потери войск 51-й армии при форсировании Сиваша и удержании плацдарма на его крымском берегу превысили 35 тыс. советских воинов [13].

Уже в первые дни переправы до лежащего посреди Сиваша острова Русский в ледяной воде начали строить мост, а далее, от острова до крымского берега, возводили дамбу саперы 12-й штурмовой инженерно-саперной бригады полковника П.Г. Павлова (П.П. Панчевского), который после Второй мировой войны стал министром обороны Болгарии в звании генерала армии. На дне гнилого моря не было твердых мест, где можно было бы закрепиться. Но нашли хитроумное решение: на дно опускали плоты из бревен, придавливали их мешками с землей, и уже поверх ставили рамы с настилом. Для отвлечения врага по соседству начали возводить ложный мост из дерева и тростника. Первый мост на крымский берег начал действовать 9-го декабря 1943 г., он проходил от острова Русский. 25 декабря приступили к постройке второй переправы – двух встречных дамб, соединенные плавучим мостом на понтонах. Сооружение и эксплуатация переправ проходили в аномальных погодных условиях. Частые штормы разрушали их. Вся титаническая работа по наведению переправ и переброске войск, техники и грузов проходила под непрерывным воздействием вражеской авиации и крупнокали-

берной артиллерии. Три зенитных полка среднего калибра 76,2-мм и пять полков малокалиберной зенитной артиллерии (37-мм) надежно прикрыли переправы с воздуха. При 202 зарегистрированных налетах Люфтваффе в 187 случаях самолеты были рассеяны и сбросили бомбы вне переправ, лишь в 15 налетах были попадания в переправы. При отражении налетов огнем зениток сбито 85 и подбит 41 самолет противника [14].

С момента окончания постройки переправ и до 10 апреля 1944 г. по ним прошло орудий разных калибров – 1 844, танков – 259, тракторов – 953, автомашин – 36 744, установок БМ-13, «катюш» – 75, повозок – 25 597, грузов разных – 18 257 т, войск – 114 231 чел. [15].

Построенные переправы сыграли решающую роль в успешном результате Крымской операции в апреле – мае 1944 г. Но масштабы ущерба от влияния аномальных природных факторов на исход Сивашской наступательной операции в ноябре – декабре 1943 г. требуют дальнейшего изучения.

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. Крым в период Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Сборник документов и материалов / сост. И.П. Кондранов, А.А. Степанова. Симферополь: Таврия, 1973. 488 с.

2. Матишов Г.Г., Кринко Е.Ф., Артюхин Ю.В. Влияние природных факторов на ход и характер боевых действий в большой излучине Дона во время Великой Отечественной войны // Вестник Южного научного центра. 2014. Т. 10. № 2. С. 83–92.

3. Krinko E.F. Spring Flooding and Its Consequences for the Soviet Defences against the Wehrmacht at the Lower Don in 1942 // Военный сборник. 2014. Т. 3. № 1. С. 41–50.

4. Кринко Е.Ф. Роль природного фактора в сражениях Великой Отечественной войны на юге России в 1942–1943 гг. // Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН. 2015. № 2. С. 40–46.

5. Матишов Г.Г., Афанасенко В.И., Кринко Е.Ф., Медведев М.В. Большая излучина Дона – место решающих сражений Великой Отечественной войны (1942–1943 гг.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. 456 с.

6. Саркисьян С.М. 51-я армия: Боевой путь 51-й армии. М.: Воениздат, 1983. 285 с.

7. Центральный архив Министерства обороны Российской Федерации (далее – ЦАМО РФ). Ф. 406. Оп. 9837. Д. 803. Л. 7.

8. ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 451. Л. 38.

9. ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 451. Л. 42.

10. ЦАМО. Ф. 407. Оп. 9854. Д. 86. Л. 401.

11. ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 451. Л. 42, 52.

12. ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 451. Л. 1,46.

13. ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 451. Л. 43.

14. ЦАМО. Ф. 244. Оп. 3000. Д. 455. Л. 18.

15 ЦАМО. Ф. 406. Оп. 9837. Д. 846. Л. 298.

НАГОННОЕ НАВОДНЕНИЕ 1969 г. В ПРИАЗОВЬЕ: ХРОНОЛОГИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ (по материалам региональных СМИ)

И.В. Пащенко
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
pashchenkoirina@gmail.com

Восточное побережье Азовского моря и Таганрогский залив довольно часто подвергаются нагонам [Фомин и др., 2012], которые нарушают привычную жизнь населения прибрежных территорий, а в наиболее тяжелых случаях приводят к катастрофическим последствиям – гибель людей, разрушение хозяйственных и произ-

водственных помещений, затопление большого числа посевных площадей. В XX – начале XXI в. наиболее масштабных нагонных наводнения насчитывается три: в 1914, 1969 и 2014 гг. [Матишов, 2015]. Информацию об этих стихийных бедствиях можно получить как из научной литературы, так и из архивных источников. При этом картина бывает не полной без учета публикаций в средствах массовой информации как регионального, так и федерального значения.

Нагонное наводнение 28–29 октября 1969 г. было катастрофическим по своему характеру, а вот отражение оно нашло только в региональных СМИ. В интервью с очевидцами, проведенными исследовательской группой проекта, многие респонденты вспоминают лишь маленькую заметку в «Комсомольской правде» об этом наводнении, в которой говориться лишь о большом материальном ущербе и ликвидации последствий. А вот материалы региональной газеты «Таманец» за 1969–1970 гг. дают значительно больше информации.

Так, в статье «Азовские наводнения» старший инженер-океанолог Кубанской устьевой станции Н. Михиенков дает естественнонаучное описание разыгравшейся трагедии: «В ночь на 29 октября 1969 г. над Азовским морем поднялся сильный шторм, который был вызван глубоким циклоном. Циклон образовался на Балтике у берегов Дании и Швеции и смещался в юго-восточном направлении. Над Белоруссией циклон резко углубился и скорость ветра достигла 40 м/с, а порывами и более. Прийдя на Азовское море, он вызвал катастрофическое наводнение на юго-восточном побережье от поселка Пересыпь до Приморско-Ахтарска. Мощная волна азово-черноморских вод обрушилась на юго-восточное побережье. Подъем уровня воды выше среднего многолетнего составил у поселка Пересыпь – 2,5 метра, у поселка Чайкино – 3,3 метра, у Перекопки – 4,05. Высота ветровой волны достигала у Пересыпи – 1 метра, Чайкино – 1,5 метра, Перекопки – 2 метра» [Михиенков, 1970]. При этом Я. Снегур отмечает некоторые особенности развития событий: «Несколько часов подряд дул с юга сильнейший ветер. Соленая черноморская вода широко и вольно вливалась через Керченский пролив в Азовское море. …вечером 28 октября [1969 г.] ничего не предвещало худого. Правда, южный ветер несколько стих с тем чтоб изменить направление. Теперь от подул с запада …надвинувшийся внезапно водяной поток, гонимый ураганным ветром, со страшной силой обрушился на рыболовецкие поселки, сметая на своем пути жилые дома, телеграфные столбы. Лопались, как струны, провода, с корнем выворачивались деревья. Смахнув железнодорожное полотно, идущее на рыбзавод, морской вал тяжелой и разбухшей массой перескочил через Кубань и расплескался у самой подошвы горы Мыска, затопив пригород Замосты, железнодорожную станцию, камышитовый завод… По улицам катились ледяные потоки воды….». Через сутки шторм двенадцать баллов на Азовском море сохранялся [Снегур, 1970].

О числе человеческих жертв нет ни одной заметки в этот период, лишь в докладе председателя райисполкома Б.А. Бортко на пятой сессии районного совета в декабре 1969 г. указывается, что «ураганным ветром и наводнением причинен большой ущерб народному хозяйству района и, к глубокому сожалению, с человеческими жертвами» [Быстрее ликвидируем … 1969]. О масштабах трагедии можно судить по статье Я. Снегура, в которой он отмечает: « К местам катастрофы начали прибывать солдаты на плавающих бронетранспортерах и вертолеты. Они вели непрерывный поиск пострадавших. Тысячи людей были вывезены из района затопления» [Снегур, 1970].

Значительно позже, через 30 лет, к годовщине трагедии был опубликован материал в газете «Тамань» начальником Кубанской устьевой станции А. Ивановым, в котором отмечается, что более 300 человек лишила жизни эта стихия [Иванов, 1999].

В эпицентре стихии оказались несколько поселков и один из районов города: «Разбушевавшаяся стихия причинила особенно много бедствий жителям поселков Замосты, Чайкино, Перекопка, а также некоторым населенным пунктам Ахтаниязовского и Голубицкого сельских советов» [Быстрее ликвидируем … 1969], «в первые же минуты бедствия, находясь в центре стихии в поселке Чайкино, слесарь Темрюкского опытно-механического завода … рискуя жизнью, спас семью и еще 7 человек» [Уженцев, 1969], «при спасении жителей поселка Замосты строители рисовых систем нашего района …по пояс в бурлящей холодной воде вели упорную борьбу в течение нескольких часов, спасая детей, женщин и стариков» [Уженцев, 1969], «в течение суток, не зная усталости, оказывал медицинскую помощь пострадавшим в пос. Вербино и порту» [Уженцев, 1969], «на катере "Тулема" эвакуировали 25 человек из поселка Вербино…» [Снегур, 1970].

С первых минут стихии начались работы по спасению жителей, и уже через три дня все основные системы жизнеобеспечения были введены в строй: «Оказывается всесторонняя и неотложная помощь населению, организовано общественное питание пострадавшим, обеспечено бесперебойное снабжение населения хлебом и другими продуктами первой необходимости. Восстанавливается электроэнергетическое хозяйство района, телефонно-телеграфная связь, радио, транспортное сообщение» [Все силы … 1969]; «Ранним утром 29 октября начались восстановительные работы. Перво-наперво были приняты меры по восстановлению силовых линий, питающих электроэнергией производственные мощности» [Васечко и др., 1969]; «Едва ветер стих, начались восстановительные работы. Уже через несколько часов старший электромонтер … доложил о подключении

энергосистем некоторых промышленных предприятий, в том числе хлебзавода, консервного завода, больницы, гостиницы, части магазинов, столовой» [Липчанский, 1969], «…на третий день после стихии во всех домах загорелся свет» [Быстрее ликвидируем … 1969].

На ликвидацию последствий катастрофы были привлечены силы районной, краевой администрации, а также многие другие регионы откликнулись на призыв о помощи: «Немедленно созданная районная комиссия во главе с председателем райисполкома… совместно с представителями районных партийных советских и хозяйственных организаций принимает экстренные и неотложные меры по быстрейшей ликвидации последствий стихии… Со стороны краевых организаций нашему району оказывается помощь транспортными средствами, строительными материалами, техникой, прибыли специалисты по проведению восстановительных работ» [Все силы … 1969]; «Краевой комитет партии и крайисполком вошли в ходатайство перед правительствами республики и страны о выделении средств по оказанию материальной помощи пострадавшим от стихийного бедствия … уже 30 октября в район прибыла правительственная комиссия, которая приняла действенные меры по ликвидации последствий стихии … в первые же дни в район стало прибывать до сотни вагонов с грузами, крайне необходимыми населению и предприятиям…» [Быстрее ликвидируем … 1969].

Пострадавшим оказывалась всесторонняя материальная помощь как со стороны администрации, так и от простых граждан: «Всем пострадавшим оказана единовременная денежная и материальная помощь. …инспекцией госстраха уже выплачено гражданам 195 тыс. рублей за погибшие и поврежденные строения и скот…» [Быстрее ликвидируем … 1969]; «Узнав о стихийном бедствии, происшедшем в Темрюкском районе, посылаем в помощь пострадавшим 100 рублей» – из телеграммы супругов Е. и И. Арабаджиевых из города Вахрушева Луганской области [Супруги Арабаджиевы … 1969]; «… в адрес хирургического отделения центральной районной больницы пришли две посылки из г. Керчи от пенсионерки Т.П. Шокоревой …Таисия Павловна прислала отрезы на платье, одежду и другие вещи» [Цыркунова, 1969]; из телеграммы И. Федорова и П. Вишня: «Мы, пенсионеры … решили оказать помощь людям, попавшим в беду. Каждый из нас имеет сбережения и выделяет из них по 50 рублей. Просим передать эти суммы особо нуждающимся детям» [Федоров, Вишня, 1969].

Для многих трагедия стала неожиданной: «Вечером 28 октября на территории района внезапно начался ураганный ветер вместе с ливневым дождем, который все больше усиливался и продолжался всю ночь» [Все силы … 1969]; «Мощный шквал ветра, неожиданно обрушившийся с моря» [Липчанский, 1969], «Над Темрюкским районом неожиданно разразился ураган» [Уженцев, 1969], «Внезапный ураган, громадные волны морской волны обрушились на пригород Темрюка, за считанные минуты затопили весь поселок Замосты» [Келар, 1969], «…территория нашего района …внезапно подверглась сильной стихии» [Быстрее ликвидируем … 1969].

Причины этого описаны всё тем же Н. Михиенковым: «Малые наводнения на побережье Темрюкского залива очень часты и закономерны …все эти малые наводнения, которые разрушений и бедствий не несут, усыпляют бдительность к катастрофическим наводнениям. …население привыкает к так называемым майстрам и не обращает внимание на то, что за обычными майстрами кроются необычные….» [Михиенков, 1970]. Последствия от трагедии имели катастрофический характер вследствие соединения множества факторов: штормовое предупреждение было объявлено только на предприятиях, пик стихии пришелся на ночное время, да и погодные условия были весьма неблагоприятны – ледяной ветер и дождь, низкие температуры воздуха.

Несмотря на свой характер, это стихийное бедствие осталось в памяти как локальная трагедия регионального масштаба. Освещение, да и то в весьма цензурированном виде, она получила только в региональных СМИ. В настоящее время о ней вспоминают лишь жители г. Темрюка, а региональные издания публикуют материалы к годовщинам трагедии: в 1999 г. [Иванов, 1999; Тридцать лет … 1999; Кванте, 1999], в 2009 г. [Оборина, 2009], в 2013 г. [Кванте, 2013; Полторак, 2013; Беляков, 2013]. Но ведь материалы СМИ, дополненные данными архивов, могут рассказать не только о причинах трагедии, но и о способах ликвидации последствий, а также о мерах по предотвращению стихий такого масштаба, эффективность которых доказана временем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-0580043 «Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии: проблемы взаимозависимости и взаимной обусловленности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков А. Волна приходит неожиданно // Тамань. № 141 от 3 октября 2013 г. С. 4.
2. Беляков А. Волна приходит неожиданно // Тамань № 144 от 10 октября 2013 г. С. 4.
3. Быстрее ликвидируем последствия стихии. Пятая сессия районного совета // Таманец. № 146 от 4 декабря 1969 г. С. 3.
4. Васечко В., Белецкий Н., Ярошок В. Ликвидируем последствия урагана // Таманец. 1 ноября 1969 г. № 133. С. 3.
5. Все силы на ликвидацию урагана // Таманец. № 132 от 30 октября 1969 г. С. 2.

6. Иванов А. Наводнение 69-го // Тамань. № 128 от 28 октября 1999 г. С. 3.
7. Кванте Т. Берег моего детства // Тамань. № 91 от 4 июля 2013 г. С. 3.
8. Кванте Т. Недопетая песня // Тамань. № 129 от 30 октября 1999 г. С. 2.
9. Келар Е. Мужественный поступок // Таманец. № 137 13 ноября 1969 г. С. 4.
10. Липчанский А. Наперекор стихии // Таманец. № 134 от 4 ноября 1969 г. С. 3.
11. Матишов Г.Г. Керченский пролив и дельта Дона: безопасность коммуникаций и населения // Вестник Южного научного центра РАН. 2015. Т. 11. № 1. С. 6–15.
12. Михиенков Н. Азовские наводнения // Таманец. № 6 от 13 января 1970 г. С. 2.
13. Оборина К. Для тех, кто выжил… // Тамань. № 158 от 29 октября 2009 г. С. 2.
14. Полторак Л. Поселок Вербино и его люди // Тамань. № 91 от 4 июля 2013 г. С. 6.
15. Снегур Я. Мужество таманцев // Таманец. № 24 февраля 1970 г. С. 3.
16. Супруги Арабаджиевы – пострадавшим // Таманец. № 137 13 ноября 1969 г. С. 4.
17. Тридцать лет назад // Тамань. № 128 от 28 октября 1999 г. С. 1.
18. Уженцев В. Проверка на прочность // Таманец. № 137 13 ноября 1969 г. С. 3.
19. Федоров И., Вишня П. В помощь пострадавшим // Таманец. № 145 от 2 декабря 1969 г. С. 4.
20. Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю. и др. Атлас волнения, течений и уровня Азовского моря. Киев, 2012. 239 с.
21. Цыркунова Е. Доброе сердце // Таманец. № 145 от 2 декабря 1969 г. С. 4.

СЕКЦИЯ 13

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

ГЕНЕЗИС РАЗВИТИЯ ЗЕЛЕНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ

А.У. Альбеков, Т.В. Пархоменко, А.А. Полуботко
Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону
a2404929@yandex.ru

Дискуссия о необходимости внедрения нетрадиционных способов генерации в реальные производственные и бытовые процессы ведется в России и за ее пределами на протяжении последних десятилетий, с каждым годом нарастая, как, впрочем, и количество успешных проектов, реализованных на разных территориях. В данном ракурсе исследования, следуя стремлению представить полноценно научно-прикладное значение и роль логистики в развитии зеленых энергосистем, необходимо оценить плюсы и минусы, которые кроются в разработке данной проблематики, а также определить сложности и проблемные моменты в отношении внедрения возобновляемых источников, с точки зрения логистического подхода.

Сложность, во-первых, состоит в том, что данные технологии достаточно внушительны по единовременным вложениям, поэтому большинство возводимых фондов принято адаптировать к существованию сырьевой зависимости. Во вторых, следует отметить, что даже при высокой степени износа основных фондов генерирующих мощностей и определенном уровне выбытия мощности генерации они всё еще функционируют в большинстве регионов России. База основных фондов, которые были возведены во времена СССР, обеспечивает электроэнергией большую часть территории России. Поэтому, не имея особой необходимости искать более результативные способы генерации, российское общество продолжает потреблять энергию, производимую из угля, нефти и газа. В данный момент региональные производители и сетевые объекты генерации распределения не заинтересованы в замене работающих мощностей на объекты возобновляемой генерации. Недавно была принята новая стратегия развития отрасли до 2035 г. В ней значатся планы нарастить долю капиталовложений в возведение основных фондов альтернативной генерации. Также в документе отмечается, что большинство объектов производства энергии показывает себя экономически эффективно именно на стадии эксплуатации. Однако по причинам, указанным нами ранее, государственные и частные коммерческие структуры предпочитают стабильно долгие годы функционирующие фонды генерации.

Очевидна эффективность альтернативных технологий, которые позволяют благодаря высокому показателю эффективности и низким, можно сказать, минимальным срокам окупаемости обеспечить электроэнергией определенный сегмент бытовых и производственных, промышленных потребителей.

Развивая экономические, логистические системы на основе альтернативной генерации, можно существенно укрепить стратегические позиции и перспективы сокращения зависимости от углеродного сырья. В рамках логистического анализа теоретико-прикладного инструментария основ региональной институционализации зеленой энергетики в экономике нашей страны необходимо отметить саму суть альтернативной генерации, ее экологическую значимость и финансовую эффективность. Она изначально обладает свойствами беспрецедентной результативности, благодаря восполняемости ресурсной базы как таковой природной силы. Такая система производства не потребляет топлива либо может быть гибридной, основанной на сочетании двух видов. Оценивая с логистической точки зрения зеленый эффект экономии, можно отметить, что более 100 тыс. баррелей нефти можно будет сэкономить всего лишь с минимальной производственной мощностью 1 МВт в течение 20 лет.

Сегодня электростанции, получающие электроэнергию на основе ветра, работают по большей части на территории США. В Европе пионерами в области генерации на основе ветра являются Великобритания, Германия, Дания, Испания, Нидерланды и многие другие государства. Необходимо отметить, что данные государства избрали ветровую генерации в силу определенных причин, так как это стабильный путь для сохранения окружающей среды.

Непосредственно ветровая активность происходит из-за прогрева лучами солнца земной поверхности, из-за нагрева нижних слоев атмосферы, в результате чего воздушные массы следуют близ поверхности земли и создают атмосферное давление. Следует отметить, используя инструментарий зеленой логистики, что наиболее пригодными территориями для возведения ветровых электростанций или целого ветропарка являются береговые линии, территории, непосредственно приближенные к зоне около 10–12 км от береговой линии. Это происходит вследствие того, что здесь в большей мере осуществляется перепад температур, а также дует ветер, который усиливается в зависимости от морской погоды.

Ветряные электростанции, пригодные для бесперебойной и качественной генерации, уже не должны обладать внушительными размерами. Территории, необходимые для фотоэлектрических и ветровых парков, минимизируются с каждым годом. С точки зрения современной зеленой логистики ориентироваться на единичные источники производства электроэнергии невозможно, поэтому возведение новых мощностей и монтаж в части реконструкции старых должны быть интересными для использования гибридной генерации. Данную потребность обеспечивает именно непостоянность источника, но существуют на сегодняшний день устройства, которые позволяют результативно сочетать одновременно производство двух и, возможно, более источников энергии, поэтому существует несколько вариантов для генерации с помощью альтернатив естественных природных сил.

Ветровая генерация как результативная технология получила широкое распространение, и сегодня на планете функционирует более 20 тыс. ветропарков. При этом благодаря массе преимуществ, которые можно получить от естественно восполняемой энергии, увеличиваются плюсы внедрения и ввода в эксплуатацию таких парков [Альбеков и др., 2017а].

Нужно подчеркнуть, что электростанции, построенные во время первой волны активизации интереса к производству электроэнергии из ветра, отчасти еще до сих пор функционируют, давая энергию и окупившись несколько десятков лет назад.

Касаясь вопроса внедрения инновационных решений альтернативной генерации, отметим, что сроки окупаемости данных проектов разнятся от одного до пяти лет. При этом существует возможность, что также связано с ростом единовременных инвестиций, выбора минимального срока окупаемости в районе от одного до трех лет.

Естественно, это чистый объект в плане экологии – генерация на основе ветра – обеспечивает не только чистоту производственных процессов, но и бесперебойную результативную работу во время передачи энергии, то есть сохранение экологичности воплощается в финансовую выгоду. Точность геолокации при проектировании электростанции позволит получать существенные результаты, но для этого в процесс должны быть вовлечены специальные экспертные службы, разрабатывающие места расположения возводимых мощностей. Где угодно установить такой объект не получится, иначе его экономическая эффективность будет существенно малой по сравнению с затратами. Следует отметить, что специализированный анализ требует изучения огромного массива данных, для того чтобы объем генерируемой энергии соответствовал потребностям определенного района, но эффективность от такого решения достаточно высока.

Нами рекомендуется формирование логистического вектора развития зеленой энергетики как многоступенчатой системы, реализуемой на практике при поддержке следующих подсистем.

1. Выполнение различных мероприятий в процессе электроэнергетического обеспечения, связанного с этапами жизненного цикла генерирующих фондов.
2. Логистическое обеспечение процесса формирования качества поставок электроэнергии от производителя, заканчивая поставками потребителям.
3. Оценка параметров звеньев логистической цепи качества процесса электроснабжения с помощью специального контроля.
4. Поддержание уровня качества сервисного обслуживания в процессе электроснабжения потребителей.

Группировка логистических критериев экологической безопасности системы энергорынка региона в целом основывается на системе экологизации организационно-управленческого функционала энергорынка и может быть представлена по трем направлениям.

1. Направления, предопределяющие и обосновывающие неизбежность экологизации электроэнергетического комплекса, которые в свою очередь подразделяются на:

– нормативно-правовые стимулы государственного воздействия, провоцирующего развитие альтернативной генерации на основе компенсации затрат на присоединение к энергосетям (варьируемых по мощности малой генерации);

– меры, стимулирующие потребительскую активность относительно развития схем малой генерации, а также потребления энергии, произведенной экологически чистым способом;
– меры в отношении ответственности производителя и предпринимательская активность по параметрам экологичности, качества, надежности.

2. Направления, позволяющие усовершенствовать технологические процессы относительно производства, распределения и аккумулирования энергии.

В результате проведенного автором анализа рекомендовано возведение ветропарка, работающего на условиях гибридной генерации на основе новых и совершенствования существующих мощностей, комбинирования и комплексного использования ресурсной базы.

3. Направления, обеспечивающие эффективность реализации проектов.

Необходимы создание и реализация региональных программ социально-экономического развития, субсидирование малого предпринимательства, проектирование целевых программ экологической направленности.

Достижения научно-технического прогресса, уровень развития технологий в сфере электроники, компьютерных технологий и сетевой телекоммуникации обусловили рост предпосылок для образования интеллектуальных сетей, способных обеспечить адекватное управление процессами потребления электроэнергии и возможность выбора потребителями поставщиков, в соответствии с условиями централизованной системы электроснабжения и соответствующим услуго-сервисным комплексом. Таким образом, оптимизируя систему государственного регулирования электроэнергетического комплекса для достижения системного показателя эффективности и надежности, эколого-экономической безопасности, можно образовать условия саморазвития отрасли в соответствии с интересами потребителей, сочетающими в себе потребность получать стабильное обеспечение электроэнергией по оптимальной стоимости [Альбеков, 2017б].

Главные аспекты развития зеленой экономики в России, основанной на использовании нетрадиционных способов производства энергии, в первую очередь должны быть ориентированы на еще один из результативных методов – не только ресурсосбережение, но и переработку отходов и использование их в рамках процессов производства энергии и мощности. В данном отношении хотелось бы отметить, что существует много проектов, которые основаны на использовании отходов. Они также очень интересны в плане реализации и развития рынка экологической безопасности, учитывая все компоненты, необходимые для охраны окружающей среды для будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбеков А.У. Императивы развития экологически чистых технологий в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29308338

2. Albekov A.U., Parkhomenko T.V., Polubotko A.A. Green logistics in Russia: the phenomenon of progress, economic and environmental security // European Research Studies Journal. 2017. V. 20. № 1. P. 13–21.

3. Зеленая экономика. Модернизация социально-экономической системы Юга России: монография / под науч. ред. А.У. Альбекова, Г.Г. Матишова. Ростов н/Д: РГЭУ (РИНХ), 2017. 276 с.

НОВЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА АЭС

В.В. Бутова[1, 2], Е.А. Буланова[1], В.А. Поляков[1, 2], А.В. Солдатов[1]
[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
nano@sfedu.ru, ssc-ras@ssc-ras.ru

Аварии на атомных электростанциях (АЭС) и испытания ядерного оружия приводят к загрязнению окружающей среды двумя радиоактивными изотопами йода – ^{131}I и ^{129}I. Оба изотопа йода поглощаются организмом и преимущественно накапливаются в щитовидной железе. Распад радионуклидов может вызвать заболевания, связанные с длительным облучением организма изнутри, например, рак щитовидной железы [Kazakov, Demidchik et al., 1992; Jaworowski, 2010]. Изотопы ^{131}I являются одними из наиболее опасных из-за их относительно высокой активности. Период полураспада данных изотопов составляет всего около восьми дней, поэтому

детальная оценка состояния окружающей среды обычно затруднена. Изотоп ^{129}I имеет период полураспада $1{,}57 \cdot 10^7$ лет и может указывать на последствия радиоактивного загрязнения в долгосрочной перспективе [Muramatsu, Yoshida et al., 2004; Hansen, Roos et al., 2011]. В частности, повышенное изотопное отношение ^{129}I / ^{127}I наблюдалось в районах вблизи установок по переработке ядерного топлива, ядерных аварий и испытаний ядерного оружия [Hou, Hansen et al., 2009; Daraoui, Riebe et al., 2016].

Крупнейшие экологические катастрофы, связанные с выбросом радиоактивных изотопов йода, вызваны авариями на Чернобыльской АЭС и Фукусиме [Steinhauser, Brandl et al., 2014]. Чернобыльская катастрофа в Советском Союзе 26 апреля 1986 г. считается крупнейшей технологической катастрофой в современной истории. Взрыв на реакторе № 4 Чернобыльской АЭС выпустил в атмосферу более 50 млн кюри радиоактивного материала [Nikiforov and Gnepp, 1994]. Оценки выброса ^{131}I в атмосферу варьируются от $8{,}4 \cdot 10^9$ до $1760 \cdot 10^{15}$ Бк в различных отчетах [Steinhauser, Brandl et al., 2014]. В течение наиболее критических десяти дней после взрыва радионуклиды распространялись по обширным районам с ветром и водой, выпадая затем в виде осадков и тем самым загрязняя почву и пастбища. Выпасные животные (коровы и козы) питались загрязненными растениями, что привело к накоплению выбросов в молоке. Другими словами, употребление в пищу загрязненного молока было основным путем отравления радиоактивным йодом в Чернобыле. Заболеваемость раком щитовидной железы, связанная с накоплением ^{131}I в щитовидной железе после чернобыльской аварии, превысила 6848 случаев у пациентов моложе 18 лет на 1986 год [Jaworowski, 2010; Steinhauser, Brandl et al., 2014].

11 марта 2011 года крупномасштабное цунами привело к серьезному повреждению системы охлаждения ядерных реакторов на АЭС Фукусима. Дальнейшие землетрясения вызвали серьезное загрязнение окружающих территорий радионуклидами из корпусов реакторов. Активность ^{131}I, рассеянного в атмосферу в результате этой аварии, достигла примерно $1{,}2 \cdot 10^{17}$ Бк [Fujiwara, 2016]. В префектуре Фукусима большое количество заболеваний раком щитовидной железы фиксировалось среди детей и подростков в течение четырех лет после аварии [Tsuda, Tokinobu et al., 2016].

К другим источникам загрязнения радиоактивным йодом относятся испытания ядерного оружия (от самого первого испытательного взрыва ядерного оружия Trinity в Нью-Мексико 16 июля 1945 года до 80-х годов было взорвано 504 устройства на 13 первичных испытательных полигонах, что дало эквивалент взрывной мощности в 440 мегатонн тротила (TNT) [Simon, Bouville et al., 2006], пожар в Уиндскейле (пожар в октябре 1957 года в ядерном реакторе на заводе Уиндскейл в Великобритании с большим выбросом радиоактивного материала) [Garland and Wakeford, 2007], авария на Три-Майл-Айленде (утечка большого количества теплоносителя ядерного реактора на ядерном объекте в Пенсильвании, США, 28 марта 1979 г. приведшая к выбросам в окружающую среду ионизирующего излучения и радиоактивного йода) [Wing, Richardson et al., 1997], Кыштымская катастрофа (взрыв контейнера с ядерными отходами 29 сентября 1957 г. в Челябинске привел к выбросу 20 млн кюри) [Monroe, 1992], выбросы из Ханфордского комплекса (ядерный производственный комплекс в штате Вашингтон, США, с 1944 по 1971 г. из охлаждающей реакторы воды которого было выброшено в прилегающую акваторию около 685 000 кюри радиоактивного йода-131) [Fredrickson, Zachara et al., 2004].

С этой точки зрения поглощение и обезвреживание йода имеет первостепенное значение. Для этих целей использовались разные материалы. Часть из них основана на физической сорбции газообразного йода пористыми материалами, а другая – на химическом взаимодействии молекул йода и поверхности сорбента. Активированный уголь относится к первой группе. Он используется во всем мире в качестве эффективного сорбента из-за его низкой стоимости и большой площади поверхности. Свойства активированного угля могут быть изменены путем изменения исходных материалов, методов синтеза и пропитки другими соединениями [Nandanwar, Coldsnow et al., 2016]. Испытания активированного угля (чистого и модифицированного) для сорбции элементарного йода или CH_3I выявили высокую емкость (до 320 мг/г), однако следует отметить несколько недостатков подобных маетриалов, таких как снижение емкости при повышении температуры и вероятность взрыва [Munakata, Kanjo et al., 2003; Nandanwar, Coldsnow et al., 2016]. Графеновый аэрогель имеет более высокую емкость (>100 % прироста массы) благодаря подходящей форме и размеру пор [Scott, Hu et al., 2015]. Пропитанный серебром оксид алюминия и диоксид кремния можно отнести ко второй группе сорбентов, которые могут химически взаимодействовать с йодом. Химия процесса основана на реакции $AgNO_3$ с элементарным йодом с образованием стабильного йодида/йодата серебра. Этот тип материалов с высокоэффективными ионами серебра доказал высокий коэффициент дезактивации как элементарных, так и органических йодидов при высокой температуре. Однако органические загрязнители могут инициировать восстановление ионов серебра до элементного состояния и, следовательно, влиять на характеристики сорбента. Более того, эффективность удаления значительно снижается в условиях высокой влажности [Sakurai, Takahashi et al., 1997; Nandanwar, Coldsnow et al., 2016]. Тот же химический процесс происходит в Ag-цеолитах. Молекулы адсорбированного йода взаимодействуют с ионами Ag^+ или

с наночастицами Ag^0 и образуют соль AgI [Chapman, Chupas et al., 2010]. Ag-цеолиты механически прочны, имеют высокую эффективность и высокую грузоподъемность. Этот тип материалов (Ag-морденит) использовался для хранения высокоактивных радиоактивных отходов в Хэнфордском комплексе (штат Вашингтон, США) [Nandanwar, Coldsnow et al., 2016]. Висмут образует с йодом еще более прочные связи, чем серебро. Поэтому мезопористые сорбенты на основе висмута и мезопористого кремнезема на основе висмута обладают большей способностью удалять йод (~ 0,47 г/г), чем Ag-цеолиты [Yang, Shin et al., 2015]. Аэрогели на основе халькогенов (халькогели и полиакрилонитрил-халькогели) также были протестированы на сорбцию йода. Удержание йода на поверхности сорбента основано на твердо-мягком кислотно-основном принципе. Поверхности халькогенидов обладают сильными мягкими основными свойствами Льюиса, в то время как йод является мягкой кислотой Льюиса [Subrahmanyam, Sarma et al., 2015]. Это взаимодействие приводит к очень высокой эффективности захвата – >99 % и >99,3 % для сорбции газообразного йода [Nandanwar, Coldsnow et al., 2016]. Однако эти материалы имеют некоторые недостатки, такие как высокая стоимость и низкая экологичность.

Металлоорганические каркасные полимеры (МОКП) представляют собой новый класс пористых материалов с высокой удельной площадью поверхности и большим разнообразием возможных функциональных групп в структуре, геометрии и размерах пор. Таким образом, МОКП могут быть применены для сорбции йода. Ряд МОКП уже был протестирован для этого приложения [Sava, Rodriguez et al., 2011; Hughes, Sava et al., 2013; Hu, Li et al., 2017].

Двумя наиболее важными характеристиками для успешной дезактивации йода являются количество поглощенного йода и температура его высвобождения. Одним из лучших кандидатов на сорбцию йода является ZIF-8. Он построен из ионов Zn^{2+}, тетраэдрически координированных атомами азота из имидазольных колец линкеров – 2-метилимидазола. ZIF-8 может поглощать большие количества йода, а также имеет высокую температуру выделения йода [Sava, Rodriguez et al., 2011]. Каркас ZIF-8 прочно связывает молекулы I_2 благодаря идеальной геометрии пор: он позволяет образовывать две йод-органические связи на каждую молекулу I_2. Небольшие окна между порами в сочетании с прочным связыванием I_2-каркас приводят к удержанию I_2 вплоть до разрушения каркаса [Hughes, Sava et al., 2013].

В настоящей работе мы впервые исследовали влияние замещения Zn^{2+} на Co^{2+} в ZIF-8 на свойства сорбции йода. Было показано, что все би- и монометаллические ZIF со структурой ZIF-8 адсорбируют газообразный йод преимущественно внутренними порами и удерживают молекулы I_2 вплоть до разрушения каркаса при температурах выше 400° C. Мы показали, что легирование Co структуры ZIF-8 приводит к снижению поглощения йода внутренним объемом пор и увеличению поглощения йода внешней поверхностью кристаллов. Мы связываем это явление с более высокой жесткостью связей Co-MIm по сравнению со связями Zn-MIm, что приводит к менее гибкой структуре. Затрудненный эффект «открытия ворот» уменьшает эффективность транспорта йода от внешней к внутренней поверхности. Измерения FTIR также подтвердили предложенное объяснение: моды, относящиеся к группам $–CH_3$, значительно сильнее изменялись при насыщении йодом в образцах с высокой концентрацией Co. Это указывает на более сильное взаимодействие адсорбированных молекул йода с метильными группами не повернутых линкеров MIm. Мы также наблюдали, что более высокое содержание кобальта приводит к снижению температуры высвобождения йода в хорошем согласии с более сильными координационными связями Zn-линкера, чем Co-линкер. Таким образом, легирование Co структуры ZF-8 позволило настроить адсорбционные свойства йода: часть йода, адсорбированного на внутренней и внешней поверхностях кристаллов, и температуру выделения йода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (исследовательский проект № 18-33-00584).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chapman, K.W., P.J. Chupas et al. (2010), J. Am. Chem. Soc., 132(26): 8897.
2. Daraoui, A., Riebe B., et al. (2016), J. Environ. Radioact., 154: 101.
3. Fredrickson, J.K., J.M. Zachara, et al. (2004), Appl. Environ. Microbiol., 70(7): 4230.
4. Fujiwara, H. (2016), Sci. Total Environ., 566: 1432.
5. Garland, J.A. and R. Wakeford (2007), Atmos. Environ., 41(18): 3904.
6. Hansen, V., P. Roos, et al. (2011), J. Environ. Radioact., 102(12): 1096.
7. Hou, X.L., V. Hansen, et al. (2009), Anal. Chim. Acta, 632(2): 181.
8. Hu, Y.Q., M.Q. Li, et al. (2017), Chem.-Eur. J., 23(35): 8409.
9. Hughes, J.T., D.F. Sava, et al. (2013), J. Am. Chem. Soc., 135(44): 16256.
10. Jaworowski, Z. (2010), Dose-Response, 8(2): 148.
11. Kazakov, V.S., E.P. Demidchik, et al. (1992), Nature, 359(6390): 21.

12. Monroe, S.D. (1992), Post-Sov. Geogr., 33(8): 533.
13. Munakata, K., S. Kanjo, et al. (2003), Journal of Nuclear Science and Technology, 40(9): 695.
14. Muramatsu, Y., S. Yoshida, et al. (2004), J. Environ. Radioact., 74(1–3): 221.
15. Nandanwar, S.U., K. Coldsnow, et al. (2016), Chem. Eng. J., 306: 369.
16. Nikiforov, Y. and D.R. Gnepp (1994), Cancer, 74(2): 748.
17. Sakurai, T., A. Takahashi, et al. (1997), Journal of Nuclear Science and Technology, 34(2): 211.
18. Sava, D.F., M.A. Rodriguez, et al. (2011), J. Am. Chem. Soc., 133(32): 12398.
19. Scott, S.M., T. Hu, et al. (2015), Carbon, 90: 1.
20. Simon, S.L., A. Bouville, et al. (2006), Am. Scientist, 94(1): 48.
21. Steinhauser, G., A. Brandl, et al. (2014), Sci. Total Environ., 470: 800.
22. Subrahmanyam, K.S., D. Sarma, et al. (2015), Chem. Mat., 27(7): 2619.
23. Tsuda, T., A. Tokinobu, et al. (2016), Epidemiology, 27(3): 316.
24. Wing, S., D. Richardson, et al. (1997), Environ. Health Perspect., 105(1): 52.
25. Yang, J.H., J.M. Shin, et al. (2015), J. Nucl. Mater., 457: 1.

РОЛЬ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ В ОЧИСТКЕ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Г.М. Воскобойников, М.В. Макаров, С.В. Малавенда, М.В. Митяев, Д.В. Пуговкин, И.В. Рыжик, Д.О. Салахов
Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, г. Мурманск
grvosk@mail.ru

В морях России существует проблема хронического загрязнения прибрежных акваторий нефтепродуктами (НП), что обусловлено транспортировкой углеводородов, их перегрузкой в прибрежной зоне и переработкой на берегу. Особенной остро данная проблема стоит в арктических морях, в связи с замедленными в условиях низких температур природными процессами деградации нефти и НП.

В литературе рассматриваются решения проблемы ремедиации морской среды от НП с помощью механической сборки, диспергентов, сорбентов или размещения в зонах постоянного загрязнения искусственных рифов, что имеет наряду с положительными и негативные побочные эффекты. Высказывались предложения о возможности применения для очистки морской воды от НП водорослей-макрофитов (ВМ). Авторами данной работы в акватории Мурманского порта на камнях литорали были обнаружены многолетние фукусовые водоросли, обитающие в слое мазута – «шоколадного мусса», сохранившие все физиологические функции. Была показана устойчивость представителей бурых, зеленых и красных макроводорослей к концентрации ДТ в морской воде 5 мг/л (в 100 раз превышающую предельно допустимую).

С использованием методов биохимии, микробиологии, физиологии, газовой хроматографии/масс-спектрометрии, электронной микроскопии был прослежен процесс нейтрализации дизельного топлива с помощью водорослей, проанализировано морфо-функциональное состояние последних при воздействии различных концентраций токсиканта, а также количественный и качественный состав эпифитных бактерий на поверхности водорослей в зависимости от степени загрязнения среды обитания. Выявлено, что деструкция дизельного топлива у исследованных макроводорослей: пальмарии, ульварии и фукуса – происходила всем талломом, начинаясь на поверхности водоросли с помощью эпифитных углеводородокисляющих бактерий (УОБ), что обеспечивало поглощение и нейтрализацию токсиканта клетками растения. Уменьшение содержания НП в воде шло параллельно с их накоплением в растениях. Также отмечено увеличение численности эпифитных УОБ на поверхности водорослей в условиях загрязнения НП среды обитания. Результаты проведенного исследования по влиянию ДТ на водоросли-макрофиты показали способность водорослей к очистке морской среды от НП независимо от строения и систематической принадлежности. Полученные данные продемонстрировали, что водоросли могут выполнять не только роль субстрата для УОБ, но и осуществлять деструкцию НП, поглощать компоненты НП и включать в свой метаболизм.

Предполагается, что основным фактором участия макроводорослей в биоремедиации является возможность образовывать симбиотические ассоциации с углеводородокисляющими микроорганизмами.

Учитывая, что запасы только бурых водорослей в Баренцевом море родов Ascophyllum, Fucus, Laminaria, Saccharina составляют больше 500 тыс. тонн, можно представить, насколько велик их вклад в биоремедиацию прибрежных акваторий от НП.

Полученные результаты легли в основу развития санитарной аквакультуры водорослей для очистки прибрежных акваторий от НП.

В ММБИ КНЦ РАН были созданы и апробированы технологии санитарной водорослевой плантации (СВП) – плантации-биофильтра, основой которой является симбиотическая ассоциация макроводорослей и УОБ. В основной схеме плантации-биофильтра для северных морей в горизонтальные канаты вплетались талломы *Fucus vesiculosus* для очистки поверхностного слоя воды, а в вертикальные канаты – талломы *Saccharina latissima* для очистки глубинных слоев (до 20 метров). Конструкция СВП может меняться в зависимости от гидрологических и гидрохимических условий, характера грунта в месте постановки плантации. Разработаны варианты для ремедиации отдельно поверхностных и глубинных слоев воды. Апробированы способы хранения и технологии СВП, позволяющие транспортировать элементы плантации на большие расстояния, сократить трудозатраты и время ее постановки.

Проведенные работы по биоремедиации прибрежных акваторий в районе источников загрязнения в Баренцевом и Белом морях продемонстрировали эффективность разработанных технологий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-80058 по программе «Опасные явления».

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА

Ю.С. Кочергин, В.В. Золотарева
Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, г. Донецк
viktoria802@gmail.com

Композиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров обладают уникальным комплексом ценных технологических и эксплуатационных свойств. Высокая адгезия ко многим материалам, малая усадка в процессе отверждения, хорошие электроизоляционные свойства, химическая стойкость, высокая прочность, малая ползучесть под нагрузкой обеспечивают им успешное использование в различных отраслях народного хозяйства.

Наиболее крупными отраслями-потребителями эпоксидных композитов являются строительство, электротехническая, электронная, радиотехническая, химическая промышленность, авиация, судостроение, машиностроение и др. В частности, в строительстве они применяются в составах для покрытия полов, адгезивов, сухих строительных смесей и пр. В настоящее время производство этих смол осуществляется мировыми лидерами – компаниями "Dow Epoxy", "Resolution Europe BV", "Nan Ya Plastics Corporation".

В настоящее время основным видом эпоксидных смол являются олигомерные продукты, получаемые из дифенилолпропана (ДФП) и эпихлоргидрина (ЭХГ). Однако не во всех случаях эпоксидные смолы на основе ДФП (другое название – диан) в полной мере обеспечивают всё возрастающие требования передовых отраслей промышленной химии. Так, при изготовлении слоистых пластиков, пропиточных композиций и др. с целью снижения вязкости дианових смол необходимо вводить в их состав разбавители или растворители, которые ухудшают прочностные характеристики и теплостойкость отвержденных продуктов.

В связи с этим большой интерес представляют низковязкие эпоксидные смолы на основе ближайшего аналога диана – дифенилолметана (бисфенола F). В частности, выпускаемая японской фирмой «Дайниппон Инки Когаку Коге» эпоксидная смола «Эпикурон-830» характеризуется пониженной вязкостью (3… 4 Па·с при 25 °С против 11… 15 Па·с у смол на основе диана).

Поскольку в отечественной практике отсутствуют сведения о способах получения глицидиловых эфиров дифенилолметана и свойствах продуктов их отверждения, была предпринята попытка восполнить этот пробел. Целью настоящей работы явилось исследование физико-химических и технологических свойств эпоксидных смол на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана и оценка их деформационно-прочностных и адгезионных свойств в широком температурном диапазоне.

Исходный дифенилолметан (ДФМ) является смесью кристаллических *o,o′*-, *o,n′*- и *n,n′*-изомеров. В то же время смеси диглицидиловых эфиров ДФМ, взятых в соотношении *o,o′*- 10… 15 %, *o,n′*- 30…35 %, *n,n′* -50…55 %, представляют собой устойчивые жидкости.

Глицидиловые эфиры индивидуальных изомеров были получены взаимодействием ДФМ с ЭХГ в присутствии едкого натра. Эпоксидные смолы на основе исходных изомеров ДФМ получали их взаимодействием с ЭХГ в присутствии хлористого калия и воды при 75–80 °С с последующим дегидрохлорированием хлоргидриновых эфиров ДФМ концентрированным водным раствором едкого натрия. В результате при различном соотношении ДФМ: ЭХГ синтезированы смолы с разным содержанием эпоксидных групп. Характерной особенностью этих эфиров является их способность кристаллизоваться. В диглицидиловых эфирах дифенилолметана содержится почти теоретическое количество эпоксидных групп, при этом *o,o′*-изомер ДФМ выделен впервые.

В результате специально проведенных исследований установлена область жидкого состояния смеси диглицидиловых эфиров ДФМ в треугольнике Гиббса, где осями координат состав – состав служат стороны равностороннего треугольника. В треугольнике трехкомпонентной системы область жидкого состояния ограничена прямой, и точки, соответствующие составу изомеров, расположены в центре этой области.

Методом дифференциального термического анализа определялась устойчивость исходных бисфенолов и соответствующих глицидиловых эфиров, а также контролировались процессы отверждения с применением различных отвердителей. Установлено, что исходные изомеры ДФМ и их диглицидиловые эфиры обладают различной термической устойчивостью. Термостабильность *n,n′*-изомера ДФМ, его диглицидилового эфира и смеси диэфира с отвердителями больше, чем в случае с другими изомерами ДФМ. Полученные данные позволили выбрать режим отверждения диглицидиловых эфиров ДФМ.

Жидкие, длительно некристаллизующиеся смолы можно получить как смешением индивидуальных глицидиловых эфиров ДФМ, так и синтезом эпоксидных олигомеров из смеси изомеров ДФМ, взятых в тех же соотношениях, что и глицидиловые производные.

Из смеси изомерных дифенилолметанов были синтезированы эпоксидные смолы с различным содержанием эпоксидных групп (ЭДФМ-22 и ЭДФМ-25). Их основные свойства приведены в таблице 1 (для сравнения даны свойства дифеновых аналогов ЭД-22 и ЭД-24 и импортной смолы на основе дифенилолметана NPEF-170). Видно, что при близких значениях концентрации эпоксидных групп смола на основе ДФМ (продукт ЭДФМ-25) обладает существенно меньшей динамической вязкостью, чем дифеновая смола ЭД-24 (4,3 и 7,0 соответственно). По этому показателю смола ЭДФМ-25 соответствует зарубежной смоле NPEF-170. Разрушающее напряжение при растяжении $\sigma_р$ и относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_р$ оценивали на динамометре типа Поляни с использованием пленочных образцов толщиной 100… 150 мкм. Модуль упругости *E* рассчитывали по углу наклона начального участка кривой растяжения. Работу разрушения $A_р$ определяли по площади под кривой нагрузка – удлинение.

Температуру стеклования $T_с$ измеряли при постоянном растягивающем напряжении 1,5 МПа. Сопротивление сдвигу $\tau_в$ клеевых соединений определяли по ГОСТ 14759–69, сопротивление отрыву $\sigma_{отр}$ – по ГОСТ 14760–69. Степень отверждения *a* измеряли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Водопоглощение *W* определяли по приращению массы пленочных образцов после выдержки в воде в течение 24 ч.

Таблица 1. Свойства эпоксидных смол на основе ДФМ и ДФП

Показатели	ЭДФМ-22	ЭДФМ-25	NPEF-170	ЭД-22	ЭД-24
Содержание хлора, %	0,20	0,18	0,15	0,4	0,4
Содержание эпоксидных групп, %	22,4	24,9	23,8–26,7	22,7	24,5
Динамическая вязкость при 25 °С, Па·с	11,4	4,3	2,0–5,0	9,5	7,0

Механические свойства отвержденных эпоксидных смол приведены в таблице 2. Видно, что полимеры на основе ДФМ превосходят дифеновые (при равном содержании эпоксидных групп) по значениям прочности при растяжении $\sigma_р$, деформации при разрыве $\varepsilon_р$ и адгезионной прочности при сдвиге $\tau_в$ и отрыве $\sigma_в$ при близких значениях модуля упругости *E* и температуры стеклования $T_с$.

Что касается полноты отверждения, то для дифеновых смол она выше как при отверждении без подвода тепла, так и после термообработки. Причина этого, по-видимому, заключается в различной реакционной способности диглицидиловых эфиров ДФМ, вследствие чего после полимеризации более реакционноспособных изомеров из-за значительного увеличения вязкости после точки геля реакция отверждения менее реакционноспособных изомеров затрудняется. Непрореагировавшие части смолы и отвердителя выполняют функции антипластификатора, что обусловливает, с одной стороны, большие значения $\sigma_{р,}$ и *E* (в результате усиления взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора), а с другой – меньшее значение $T_с$ для отвержденных смол ДФМ по сравнению с дифеновыми. Еще одним подтверждением эффекта антипластификации может служить более высокая плотность ρ полимеров на основе ДФМ (см. табл. 2). Как известно, физическая сущность пластификации заключа-

ется в повышении подвижности макромолекул полимеров вследствие ослабления межмолекулярных физических связей, ограничивающих кинетическую гибкость цепей блокированием полярных групп молекулами пластификатора, или вследствие разделения ими цепей или агрегатов макромолекул. Поэтому пластификаторы, как правило, снижают модуль упругости, механическую прочность и несколько увеличивают разрывное удлинение полимеров в стеклообразном состоянии. Обратный эффект изменения этих показателей при введении значительных доз (10–30 %) пластификаторов получил по предложению Джексона и Колдуэлла название «антипластификация».

Основным и необходимым признаком антипластификации, по мнению авторов термина, является одновременное повышение модуля упругости и прочности стеклообразного полимера при монотонном снижении T_c.

Таблица 2. Свойства эпоксидных полимеров

Показатели	ЭДФМ-22	ЭД-22	ЭДФМ-25	ЭД-24	NPEF-170
$\sigma_р$, МПа	67,4 89,0	51,9 60,7	64,0 73,1	43,2 59,1	50,5 59,9
$\varepsilon_р$, %	10,6 10,2	4,6 7,6	8,4 10,6	6,8 8,9	7,7 9,3
E, ГПа	1,33 1,36	1,31 1,32	1,20 1,39	1,23 1,10	1,21 1,30
T_c, °С	56 111	58 113	52 112	54 116	56 108
$\tau_в$, МПа	19,6 21,4	13,6 19,4	20,3	15,7	21,2
$\sigma_{отр}$, МПа	44,6	29,7	35,5	28,3	32,6
W, %	–	–	1,2 2,3	3,2 3,0	1,5 2,5
α, %	–	–	77,2 89,3	87,1 98,7	83,4 92,1
ρ, кг/м^3	1220	1180	1250	1250	1245

Примечание: в числителе приводятся значения показателей образцов, отвержденных по режиму 25 °С/240 ч., в знаменателе – по режиму 25 °С/72 ч. + 120 °С/3 ч. Отвердитель ТЕТА.

Эпоксиполимеры на основе ДФМ намного превосходят дифеновые по работоспособности при низких температурах (табл. 3). Эффект возрастает с уменьшением температуры. Так, если при комнатной температуре $\sigma_р$ полимеров на базе ЭДФМ-22 больше, чем ЭД-22, в 1,12 раза, то при –60 °С различие составляет 1,44, а при –120 °С – 1,78. Благодаря более высоким прочностным и деформационным показателям полимеры на основе ДФМ во всем исследованном интервале стеклообразного состояния (от –120 до 80 °С) характеризуются существенно большими значениями работы разрушения $A_р$. С учетом хорошей корреляции $A_р$ и ударопрочности имеют лучшую работоспособность при динамическом нагружении.

Таблица 3. Зависимость свойств эпоксидных полимеров от температуры испытания*

Показатели свойств	Марка смолы	Температура испытания, °С				
		–120	–60	20	80	150
$\sigma_р$, МПа	ЭДФМ-22	91,0	72,6	63,2	4,9	1,7
	ЭД-22	50,8	50,7	56,6	5,6	1,9
	ЭДФМ-25	105,6	89,1	64,2	8,9	1,8
$\varepsilon_р$, %	ЭДФМ-22	4,8	5,2	6,6	8	12,1
	ЭД-22	3,8	4,2	5,8	39,1	11,8
	ЭДФМ-25	6,2	6,4	6,5	47,9	14,8
E, ГПа	ЭДФМ-22	2,60	2,18	1,53	0,05	0,007
	ЭД-22	2,24	2,15	1,35	0,26	0,015
	ЭДФМ-25	2,01	1,78	1,56	0,46	0,012
$\sigma_{ост}$, МПа	ЭДФМ-22	53,2	22,8	0,8	–	–
	ЭД-22	52,6	26,3	0,8	–	–
	ЭДФМ-25	48,3	26,2	0,8	–	–
$A_р$, кДж/м^2	ЭДФМ-22	3,10	2,60	2,78	3,05	0,15
	ЭД-22	1,35	1,52	2,31	1,75	0,17
	ЭДФМ-25	4,51	3,99	2,90	2,98	0,20

*Отвердитель УП-583 Т, режим отверждения 25 °С/24 ч. + 80 °С/6 ч.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена зависимость деформационно-прочностных и адгезионных свойств полимеров от концентрации эпоксидных групп в смоле, химической природы отвердителя и температурно-временного режима отверждения. Выявлен высокий уровень прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения эпоксидных композитов на основе дифенилолметана при отрицательных температурах, что свидетельствует об их хорошей морозостойкости. Результаты проведенного исследования дают основание рекомендовать диглицидиловые эфиры дифенилолметана в качестве эпоксидной смолы для получения композиционных материалов с улучшенным комплексом технологических, механических и адгезионных свойств.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ МОЛОТЫМ КАРБОНАТОМ КАЛЬЦИЯ

Ю.С. Кочергин, В.В. Золотарева, Т.И. Григоренко
Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, г. Донецк
viktoria802@gmail.com

Исследование динамических механических свойств полимеров имеет большое теоретическое и прикладное значение. В частности, динамический модуль упругости, так же как и модуль, измеренный любым другим методом, является весьма важным показателем деформационно-прочностных свойств полимеров. Наряду с показателем механических потерь динамический модуль упругости служит наиболее чувствительным индикатором всех форм молекулярной подвижности в полимерах, в первую очередь, в стеклообразном состоянии. Помимо чисто теоретического интереса для понимания механизмов молекулярного движения в полимерах, механические потери имеют большое практическое значение, во многом определяя другие механические свойства полимеров. Поэтому абсолютные величины показателей механических потерь, положения температур и частот, при которых наблюдаются максимумы потерь, представляют особый интерес. Высокие механические потери в полимерах и материалах на их основе могут быть как достоинством, так и недостатком. С одной стороны, потери уменьшают вибрации и препятствуют возникновению резонансных колебаний с резким нарастанием амплитуды. С другой стороны, высокие потери в общем случае служат показателем пониженной стабильности размеров, которая очень нежелательна в конструкциях, работающих длительное время под нагрузкой. Многие другие механические свойства тесно связаны с механическими потерями – это долговечность, удельная поверхностная энергия разрушения и ударная прочность, коэффициент трения, истирание и износ. Определение механических потерь может служить эффективным методом определения молекулярной массы полимеров, состава сополимеров, степени неоднородности сшивания, влияния термообработки на морфологию кристаллов в кристаллических полимерах, состава смесей полимеров и блок-сополимеров, степени отверждения термореактивных смол. Динамические механические свойства полимеров могут быть существенно изменены термообработкой образцов. Так, закалка аморфных полимеров в отличие от отжига обычно приводит к повышению механических потерь. Динамические механические свойства, особенно механические потери, весьма чувствительны ко всем типам температурных переходов, релаксационных процессов, структурных неоднородностей и особенностей морфологических структур многофазных систем типа частично-кристаллических полимеров, смесей полимеров и наполненных полимерных композиций.

В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование динамических механических свойств эпоксидных композиционных материалов, наполненных дисперсными частицами молотого карбоната кальция.

В качестве эпоксидного олигомера использовали промышленную диановую смолу ЭД-20. В качестве наполнителей использовали изготовленные из мрамора высокой степени чистоты и белизны дисперсные частицы молотого карбоната кальция, представляющие собой следующие продукты: омиакарб-5КА, нормкаль-2 и нормкаль-40. Для сравнения в составе композиций использовали также кварцевую муку. Основные свойства наполнителей приведены в таблице 1.

Отверждение композиций проводили диэтилентриамином ДЭТА по двум режимам: I – 25 °С/24 ч +50 °С/8 ч (отверждение при умеренной температуре) и II –25 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (отверждение с термообработкой при повышенной температуре).

Таблица 1. Свойства порошковых наполнителей

Марка наполнителя	Основное вещество	Содержание основного вещества, % (масс.), не менее	Значение pH	Средний размер частиц, мкм	Твердость по Мозу	Белизна, усл. ед.
Омиакарб-5КА	$CaCO_3$	98,00	9,50	6,00	3,00	93,00
Нормкаль-2		99,20	7,50	2,21	3,00	98,50
Нормкаль-40		99,20	7,50	43,00	3,00	98,50
Кварцевая мука	SiO_2	99,70	7,00	23,00	6,50	92,50

Динамические механические характеристики (динамический модуль упругости *E′*, модуль потерь *E″* и тангенс угла механических потерь tg δ) измеряли на установке ДМА 983 термоаналитического комплекса DuPont 9900. Модуль высокоэластичности ($E_{в.э.}$) определяли при температуре, равной T_c +50 °С, где T_c –температура стеклования.

При анализе зависимостей tg δ – *T* обращает на себя внимание (рис. 1, табл. 2) следующий экспериментальный факт. Для эпоксидных композиционных материалов, отвержденных по режиму *I*, после прохождения основного максимума tg δ вначале достаточно быстро снижается, затем при температуре выше 100 °С падение tg δ прекращается, и в диапазоне 100–160 °С наблюдается второй широкий размытый максимум, после которого tg δ снова довольно быстро уменьшается. Такой характер поведения может быть объяснен тем, что после расстеклования эпоксидного полимера ускоряется молекулярная подвижность, которая способствует процессу доотверждения.

Таблица 2. Влияние наполнителей на динамические модули упругости *E′* и $E_{в.э.}$, максимумы tg δ_{max} и *E″* эпоксидных композиционных материалов

Наполнитель	Параметр			
	Динамический модуль упругости, *E′*, ГПа	Модуль высокоэластичности, $E_{в.э.}$, МПа	Максимальное значение тангенса угла механических потерь, tg δ_{max}	Максимум модуля потерь, $E''_{М}$, МПа
Исходный образец[1]	1,86[2)] 1,38	57,42 42,97	1,052 0,286	316,9 117,1
Омиакарб[3]	2,32 1,61	145,2 138,2	1,136 0,285	533,2 146,8
Нормкаль-2[3]	2,75 2,13	176,7 95,98	0,856 0,335	470,2 220,9
Нормкаль-2[4]	3,03 1,84	200,1 106,8	1,026 0,250	641,1 179,2
Нормкаль-40[3]	3,11 2,37	140,8 134,7	1,096 0,360	734,1 245,1
Кварцевая мука[3]	3,22 2,05	82,8 73,04	1,335 0,314	670,8 173,1
Кварцевая мука[4]	3,82 2,62	209,1 135,6	1,012 0,312	738,7 378,4

[1] 100 масс. ч. ЭД-20 + 12 масс. ч. ДЭТА;

[2] В числителе – отверждение по режиму I, в знаменателе – по режиму II;

[3] Содержание наполнителя – 50 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидного полимера;

[4] Содержание наполнителя 100 масс. ч.

На взаимодействие непрореагировавших при отверждении без подогрева эпоксидных и аминных групп расходуется часть подводимой тепловой энергии, что находит свое отражение в образовании максимума с вершиной при температуре ~135 °С. Другим подтверждением реакции доотверждения является увеличение динамического модуля упругости в температурном интервале 100–135 °С (рис. 1).

Наконец, если образец предварительно был подвергнут термообработке при 120 °С, т.е. процесс доотверждения уже был завершен до начала сканирования образца, то для него на зависимости tg δ – *T* этот вторичный максимум не проявляется.

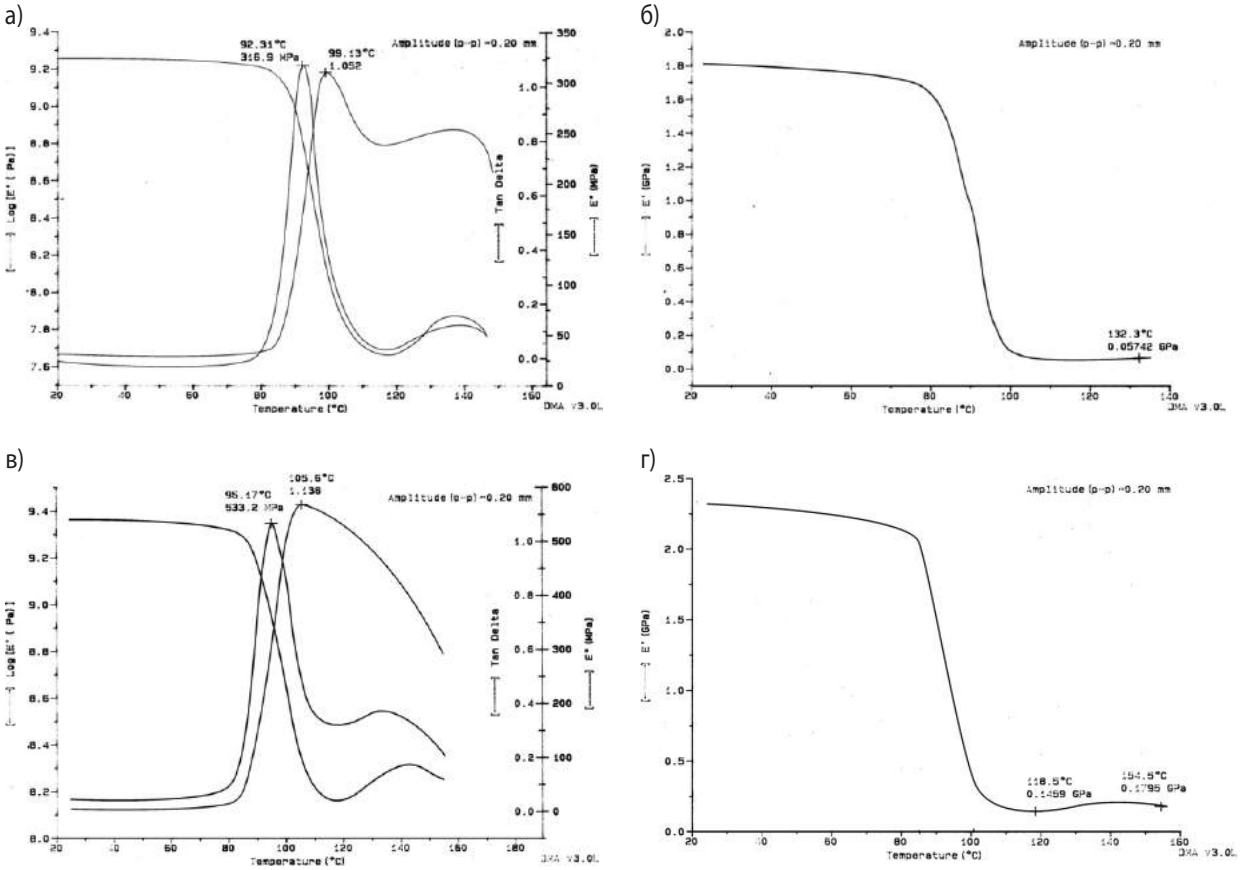


Рис. 1. Температурные зависимости логарифма динамического модуля упругости, модуля потерь и тангенса угла механических потерь (а, в) и динамического модуля упругости (б, г) для исходного эпоксидного полимера (а, б) и композита, содержащего 50 масс. ч. омиакарба (в, г). Образцы отверждены по режиму I

Интенсивность первичного максимума при этом сильно снижается, а его положение существенно смещается (на ~55 °С) в сторону более высоких температур. При этом эффект наблюдается как для ненаполненного полимера, так и для композитов, содержащих наполнитель. Высокие значения tg δ_{max} (табл. 2) для образцов, отвержденных по режиму I, могут быть связаны с наложением эффектов, обусловленных процессом стеклования, и конформационных перегруппировок молекул, связанных с протеканием реакции доотверждения эпоксидной матрицы в области повышенных температур, где проявляется этот максимум. Об образовании дополнительных химических сшивок в результате взаимодействия непрореагировавших при температурах ниже 120 °С эпоксидных групп смолы и аминных групп отвердителя свидетельствует максимум на температурной зависимости tg δ (меньший по интенсивности, чем основной переход, связанный с расстеклованием эпоксидной матрицы). После прогрева при 120 °С, когда процесс доотверждения уже реализован, интенсивность данного релаксационного перехода существенно снижается.

Что касается значений динамического модуля упругости *E′* (табл. 2) в стеклообразном состоянии полимера, то после термообработки образцов его уменьшение может быть связано с тем, что дополнительные химические сшивки, образующиеся в эпоксидном полимере при термообработке, препятствуют более плотной упаковке фрагментов молекулярной цепи, снижая тем самым эффективность межмолекулярного взаимодействия.

Введение наполнителей приводит к ощутимому увеличению модуля *E′* во всем интервале стеклообразного состояния для обоих режимов отверждения. При этом по степени влияния на величину *E′* наполнители располагаются в следующем ряду (в порядке возрастания):

Режим I – исходный полимер (без наполнителя) < омиакарб < нормкаль-2 < нормкаль-40 < кварцевая мука;

Режим II – исходный полимер < омиакарб < кварцевая мука < нормкаль-2 < нормкаль-40.

Воздействие кипящей воды приводит к меньшему снижению (по сравнению с термообработкой) модуля *E′* в стеклообразном состоянии. Это явление может быть обусловлено образованием дополнительных водородных связей между полярными группами полимера и молекулами сорбированной воды. Вместе с тем сорбированная вода оказывает пластифицирующее действие на эпоксидный полимер, что находит свое отражение в некотором снижении температуры перехода из стеклообразного в высокоэластическое состояние и температур максимумов tg δ и *E″*.

Интересно, что при этом максимальное значение тангенса угла механических потерь и модуля потерь для образца, подвергнутого экспозиции в воде, несколько ниже, чем у термообработанного композита. Причину такого изменения данных параметров в результате термообработки и экспозиции в кипящей воде нетрудно понять, если учесть, что величина tg δ определяется по формуле tg δ = *E″*/ *E′*. Из нее следует, что величина tg δ будет снижаться, если уменьшается модуль потерь *E″* или возрастает динамический модуль упругости.

Таким образом, в результате проведенного исследования показано, что при введении наполнителей модули упругости в стеклообразном и высокоэластическом состояниях, а также модуль потерь существенно возрастают. В то же время максимум тангенса угла механических потерь и температуры максимумов tg $\delta_м$ и модуля потерь, а также температуры, связанные с расстеклованием полимерной матрицы, изменяются довольно мало.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВЫБРОСАМИ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА

В.А. Поляков[1,2], В.В. Бутова[1,2], Е.А. Буланова[2], К. Ламберти[2,3], А.В. Солдатов[2]

[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

[2] Международный исследовательский институт Интеллектуальных материалов, г. Ростов-на-Дону

[3] Department of Physics, INSTM Reference Center and CrisDi Interdepartmental Centre for Crystallography, University of Turin, Turin, Italy

ZIF являются подклассом металлоорганических каркасов (МОК) с топологией цеолитов и высокой удельной площадью поверхности. Они представляют собой кристаллические координационные полимеры, имеющие в своем составе металл-кислородные кластеры, соединенные между собой органическими линкерами (производными имидазола) в трехмерный каркас. Подобные материалы обладают высокой пористостью, которая обусловливает отличные сорбционные свойства материалов семейства ZIF [Sava et al., 2011]. На сорбционные свойства получаемого материала сильное влияние оказывают функциональные группы линкера. В частности, ZIFs с неполярными функциональными группами могут адсорбировать и удерживать неполярные молекулы, тогда как полярные функциональные группы обеспечивают специфическую адсорбцию полярных молекул в структуру ZIF.

В настоящей работе мы сфокусировались на двух изоструктурных ZIF: ZIF-65 и ZIF-8 [Park et al., 2006; Tu et al., 2014]. Поскольку единственным отличием между ними является функциональная группа линкера в положении 2 имидазольного кольца, это позволило нам подчеркнуть влияние полярности функциональной группы на специфические адсорбционные свойства выбранных ZIF. Таким образом, для ZIF-65 и ZIF-8 была исследована возможность адсорбции и хранения йода. Это исследование может стать основой для разработки новых высокоэффективных материалов для поглощения радиоактивного йода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (исследовательский проект № 18-33-00584).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Park, K.S., Ni, Z., et al. Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 103(27) (2006) 10186–10191.

2. Sava, D.F., Rodriguez, M.A., et al. Capture of Volatile Iodine, a Gaseous Fission Product, by Zeolitic Imidazolate Framework-8, J. Am. Chem. Soc. 133(32) (2011) 12398–12401.

3. Tu, M., Wiktor, C., et al. Rapid room temperature syntheses of zeolitic-imidazolate framework (ZIF) nanocrystals, Chem. Commun. 50(87) (2014) 13258–13260.

СЕКЦИЯ 14

ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА р. ДОН В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

М.В. Болгов, И.А. Филиппова, Е.А. Коробкина, А.В. Зайцева, М.А. Харламов
Институт водных проблем РАН, г. Москва
bolgovmv@mail.ru

Оценка перспектив использования водных ресурсов в регионах с интенсивным водопользованием является сложной комплексной задачей, связанной не только со сценариями развития экономики, но и с необходимостью учета изменений, происходящих в глобальной гидролого-климатической системе. Подобные изменения, сказываясь на условиях формирования стока, способны приводить к существенной трансформации водного режима. Особенно значима эта проблема для бассейнов с невысокой обеспеченностью населения возобновляемыми водными ресурсами, таких как, например, бассейн р. Дон.

В настоящее время в бассейне р. Дон функционирует многокомпонентный водохозяйственный комплекс (ВХК) с такими водопотребляющими отраслями экономики, как водоснабжение, орошаемое земледелие, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство и рекреация. Приоритетными являются водоснабжение и орошаемое земледелие, на которое приходится около 83 % суммарного водопотребления [Болгов и др., 2005]. Изученность гидрологических и климатических условий Донского бассейна оценивается как хорошая, представленная большим количеством научных публикаций. Обзору наиболее значимых результатов, полученных в ряде работ, и оценке их валидности в условиях произошедших изменений климата, посвящена данная статья.

Использование водных ресурсов в бассейне р. Дон: прогноз и реальность

Основным документом, определяющим порядок использования водных ресурсов в Донском бассейне, является Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), разработанная в 2007 г. [Схема … 2014]. В ходе разработки СКИОВО были определены допустимая антропогенная нагрузка на водные объекты, потребность в водных ресурсах в перспективе, основные направления деятельности по предотвращению негативного воздействия вод. Помимо оценки текущего состояния водного баланса, было предложено несколько вариантов развития ВХК на период 2015–2020 гг. В основе двух из них, В1 и В2, лежит концепция развития мелиорации земель в бассейне Дона. Вариант В1 предполагает доведение площадей орошаемых земель в бассейне Дона к 2020 г. до уровня 1994 г., в том числе и путем ввода новых орошаемых площадей. Вариант В2, основанный на сохранении, поэтапном восстановлении и реконструкции существующих орошаемых площадей, не предусматривает при этом их увеличения. Вариант С разработан главным образом на основе анализа прогнозов социально-экономического развития субъектов РФ в бассейне Дона.

Известно, что прогнозы социально-экономического развития характеризуются слабой оправдываемостью, поэтому представляется интересным сравнить реальные и прогнозные оценки, полученные из различных литературных источников [Схема … 2014; Георгиади и др., 2014; Государственный … 2018]. Сравнение фактических (на 2015 г.) и прогнозных оценок двух основных показателей использования воды населением и объектами экономики в бассейне р. Дон – забора из поверхностных источников и сброса – показало их значительный разброс (рис. 1). Причина расхождений в основном связана с падением уровня промышленного и сельскохозяйственного водопотребления [Джамалов и др., 2017], в то время как прогноз делался в расчете на подъем уровня водопотребления практически во всех отраслях экономики. Но не стоит исключать тот факт, что прогноз водохозяйственного баланса на 2015 г. в СКИОВО осуществлялся исходя из концепции стационарности климата. Все оценки водных ресурсов, полученные в рамках работы над СКИОВО и ставшие основой для регулирования в бассейне на период до 2020 г., выполнены на основе анализа данных за базовый период до

2005 г. К тому же не стоит сбрасывать со счетов разницу как в методиках подсчета показателей, так и в конструировании сценариев эволюционирования водохозяйственного комплекса. Прогноз на 2025–2030 гг., полученный в работе [Георгиади и др., 2014], по нашему мнению, дает завышенные цифры ожидаемого водопотребления в бассейне, в том числе и из-за авторского подхода к методике расчета.

На сегодняшний день сведения о стоке дополнились наблюдениями до 2016–2017 гг. Обновленные статистические характеристики изменили представление о наблюдаемом процессе. С большой степенью уверенности можно сделать вывод о том, что в бассейне р. Дон вследствие глобального потепления произошла смена фазы водности для меженного и половодного стока, что нарушило привычную картину внутригодового распределения стока [Болгов и др., 2010; Георгиади и др., 2016; Джамалов и др., 2017], привело к нарушению стационарности многолетних колебаний меженного и половодного стока. Сочетание нескольких неблагоприятных метеорологических факторов (повышение зимних температур, уменьшение количества твердых осадков, недостаточное увлажнение почвы в летне-осенний период, вызванное повышением летних температур воздуха) привело к росту потерь весеннего стока и потерь на испарение и, как следствие, к возникновению дефицита водных ресурсов [Джамалов и др., 2017]. Затяжное маловодье 2007–2015 гг. еще больше усугубило ситуацию с дефицитом водных ресурсов в бассейне Дона. Объем недополученного стока за маловодный период в целом в замыкающем створе составил 44,3 км^3, что примерно вдвое больше объема годового стока р. Дон [Киреева и др., 2017].

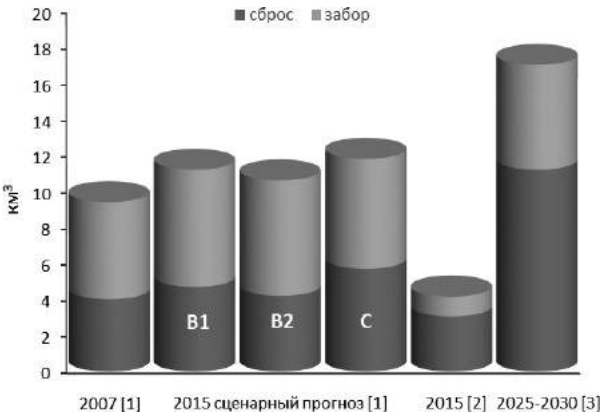


Рис. 1. Использования воды населением и объектами экономики в бассейне р. Дон: [1] – по СКИОВО, [2] – по [Государственный … 2018], [3] – по [Георгиади и др., 2014]

По данным Государственного доклада «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году» [Государственный доклад … 2018], при среднемноголетнем объеме водных ресурсов р. Дон 25,5 км^3/год сток в 2017 г. составил 16,0 км^3/год. Изменение климатических и антропогенных факторов формирования стока привело к тому, что целевые показатели водопотребления, рассчитанные в СКИОВО в нескольких вариантах на 2015 и 2020 гг., перестали соответствовать реально сложившейся ситуации. Такая же ситуация с определением нормативов допустимого воздействия – изменение расчетных характеристик стока в связи с возможными климатическими изменениями – делает их недостаточно обоснованными.

Что делается и что делать: смена парадигмы

Изменения внутригодового распределения стока на реках бассейна в совокупности с наметившейся тенденцией к уменьшению условно-естественного годового стока р. Дон заставляют искать новые подходы в расчетах характеристик стока и управлении водными ресурсами. В связи с возрастающим антропогенным воздействием, изменяющимся климатом и другими факторами в бассейне р. Дон, становится понятно, что в долговременной перспективе изменения стока нельзя анализировать в рамках гипотезы стационарности, которая до недавнего времени являлась основной при гидрологическом обосновании водохозяйственных мероприятий. Применение одной малопараметрической модели (теоретической кривой распределения) в этом случае не позволяет добиться необходимого согласования теоретических и эмпирических распределений, стохастическая модель оказывается существенно сложнее. Определение различных характеристик стока без учета неоднородности ряда может привести как к завышению, так и к занижению расчетных величин речного стока. Среди методов прогнозирования долгосрочных возможных гидрологических изменений в будущем, связанных с нестационарными вариациями климата, большую популярность приобрели методы, которые позволяют учитывать при оценке и прогнозе характеристик стока наблюдаемые и прогнозируемые изменения гидрологических и климатических параметров. В последние десятилетия значительно расширились возможности получения таких прогнозов в связи с интенсивным развитием моделей для воспроизведения и прогноза изменений климата. Использование результатов глобальных климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) для гидрологических прогнозов – основной тренд в развитии таких методов. В первую группу входят методы, в основе которых лежит анализ и статистическая обработка эмпирических данных гидрометеорологических наблюдений. К этой группе методов можно отнести, например, такие достаточно простые, как определение региональных зависимостей годового стока от климатических элементов, вероятностные методы – метод составных кривых и смеси распределений, подходы на основе байесовских методов оценки и прогнозирования. Другая группа объединяет получившие в настоящее время большое рас-

пространение методы расчета характеристик стока, базирующиеся на использовании физико-математических моделей, региональных гидрологических и воднобалансовых моделей. Обе группы методов в своих прогнозах изменений водных ресурсов опираются на использование сценариев климатических изменений в виде сконструированных наборов метеорологических характеристик или в виде результатов расчетов по климатическим моделям общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) или по их ансамблю. И третью группу составляют модели общей циркуляции атмосферы, в которых речной сток рассчитывается как остаточный член по разности между смоделированными атмосферными осадками и испарением.

Для бассейна р. Дон такой подход к оценке и прогнозированию водных ресурсов, в котором учитывалась бы нестационарность гидролого-климатических процессов на водосборе, пока применяется недостаточно широко. Можно отметить работы [Болгов, Сенцова, 2010; Георгиади, Милюкова, 2006, 2012; Георгиади и др., 2016; Джамалов и др., 2017], в которых делаются первые шаги в разработке вероятностных и детерминистических моделей и методов оценки гидрологических последствий, ожидаемых глобальных климатических изменений в крупных речных бассейнах.

Выводы

Потепление климата привело к изменениям гидролого-климатической системы в бассейне р. Дон и, как следствие, трансформации основных проблем водопользования и экологии. Следовательно, на текущий момент необходим пересмотр подходов к задачам обеспечения водными ресурсами в условиях нестационарности происходящих климатических изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов М.В., Мишон В.М., Сенцова Н.И. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения. М.: Наука, 2005. 318 с.

2. Болгов М.В., Сенцова Н.И. Байесовские оценки расчетных характеристик минимального стока рек в нестационарных условиях // Метеорология и гидрология. 2010. № 11. С. 70–80.

3. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. Природно-климатические и антропогенные изменения стока Волги и Дона //Фундаментальная и прикладная климатология 2016. Т. 2. С. 55–78.

4. 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.: МАКС Пресс, 2014. 214 с.

5. Георгиади А.Г., Милюкова И.П. Возможные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек Русской равнины в XXI веке // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2006. № 1. С. 62–77.

6. Георгиади А.Г., Милюкова И.П. Сценарная оценка изменений стока рек Волги и Дона, возможных в первой трети XXI века // Вопросы географии. 2012. Сб. 133. Географо-гидрологические исследования. С. 224–236.

7. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской федерации в 2017 году». М.: НИА «Природа», 2018. 298 с.

8. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 2017. 205 с.

9. 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. 50–57.

10. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон (Приказ Донского БВУ от 08 апреля 2014 года № 47) [Электронный ресурс]. URL: htpp://www.donbvu.ru/activities/use_and_protection_don/ (дата обращения 5.03.2019).

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ФАЗЫ ПОНИЖЕННОЙ/ПОВЫШЕННОЙ ВОДНОСТИ ДОНА У СТАНИЦЫ РАЗДОРСКОЙ

А.Г. Георгиади, Е.А. Кашутина
ИГ РАН, Россия, г. Москва
georgiadi@igras.ru

Введение

Как показывают исследования [Водные ресурсы … 2008; Георгиади и др., 2014; Georgiadi et al., 2018], многолетние изменения годового и сезонного стока рек характеризуются периодами (фазами по принятой в отечественной гидрологии терминологии) его пониженных и повышенных значений разной продолжительности. Важно, в том числе для прогностических целей, что удается выявить долговременные контрастные фазы продолжительностью 15–20 и более лет. Они наблюдаются на фоне соответствующих изменений климата. Антропогенные факторы значительно влияют на сток этих фаз.

Авторы статьи на протяжении ряда лет проводили исследования фаз пониженного/повышенного стока (относительно среднего многолетнего значения, рассчитанного для всего периода наблюдений) крупных рек Северной Евразии [Георгиади и др., 2014; Георгиади, Кашутина, 2016; Georgiadi et al., 2018].

В статье приведены результаты сравнения характеристик контрастных фаз одной из крупнейших рек Русской равнины – реки Дон – за период инструментальных наблюдений, начиная с 1870-х годов. Также дается оценка вклада климатических и антропогенных факторов в общие изменения стока в период современного потепления климата.

Методы анализа рядов годового и сезонного стока

Подход к анализу долговременных фаз многолетних изменений годового и сезонного стока, обусловленных изменениями климата, основан на его восстановлении (исключении из него изменений, обусловленных антропогенным воздействием), на использовании разностно-интегральных кривых, критериев статистической однородности средних значений стока и анализе характеристик выявленных фаз контрастной водности.

Разностно-интегральные кривые представляют собой нарастающую сумму отклонений какой-либо характеристики от ее среднего многолетнего значения, рассчитанного для всего периода наблюдений. Зачастую отклонения нормируются на коэффициент вариации для сравнения временных изменений разнородных характеристик. Разностно-интегральные кривые позволяют выявить долговременные периоды (фазы), в течение которых существенно чаще встречаются значения характеристики ниже или выше ее среднемноголетнего значения.

Границы гидрологических сезонов (половодье, меженные сезоны) были определены на основе гидрографов стока, построенных за весь период наблюдений. Использовались также сведения о среднемноголетних датах начала и окончания половодья и ледостава.

При восстановлении условно-естественного стока учитывается, что многолетние гидрологические ряды рассматриваемых рек неоднородны с точки зрения воздействия на сток антропогенных факторов и состоят из двух частей. Первая часть ряда включает в себя многолетние данные, относящиеся к периоду до начала заметного антропогенного воздействия. Вторая часть состоит из многолетнего ряда стока (начало которого отнесено к 1930 г.), измененного в разной степени в результате воздействия антропогенных факторов (главным образом, Цимлянского водохранилища, водопотребления различными отраслями хозяйства и др.).

Восстановление естественного стока исходило из регрессионных связей между стоком Дона у Раздорской и стоком рек-индикаторов климатических условий (Дон у Казанской и Хопёр у Бесплемяновского). Связи получены для периода до начала интенсивного антропогенного воздействия. Предполагается, что изменение стока рек-индикаторов под воздействием антропогенного фактора в течение всего рассматриваемого времени не значимо. Многолетние ряды годового и сезонного восстановленного стока второго периода объединялись с рядами стока за период незначительного антропогенного воздействия. Так компоновались общие ряды условно-естественного стока Дона у Раздорской, которые и анализировались в работе.

Временная граница смены долговременных фаз повышенных/пониженных значений стока определяется на основе минимальных и максимальных значений координат разностно-интегральных кривых в комбинации с использованием критерия Стьюдента. Кроме того, использовались и другие параметрические и непараметрические критерии статистической однородности рядов по их средним значениям. Долговременным

фазам повышенной водности соответствует однонаправленная многолетняя тенденция увеличения ординат разностно-интегральной кривой, а фазам пониженной водности – уменьшения ее ординат. На фоне таких длительных тенденций наблюдаются более короткопериодные изменения стока. Отметим, что определение границ смены фаз на основе использования упомянутых выше статистических критериев показало, что они, как правило, совпадают или весьма близки к результатам, полученным по разностно-интегральным кривым [Georgiadi et al., 2018].

Долговременные фазы многолетних изменений условно-естественного годового и сезонного стока

В течение периодов инструментальных наблюдений для зимнего и летне-осеннего стока Дона у Раздорской выделяются две основные долговременные фазы (рис. 1). Фаза их пониженного стока приурочена к началу периода наблюдений, а сменившая ее фаза повышенного стока, начавшаяся в 1970–1980-х гг. (что близко к началу современного глобального потепления климата), продолжается до последних лет.

Для стока половодья Дона также характерны две продолжительные фазы. Только сначала (с 1870-х гг.) наблюдалась фаза повышенного стока, сменившаяся затем (с 1972 гг.) фазой его пониженных значений. Для годового стока картина смены контрастных фаз носит более сложный характер (см. рис. 1). Выделяются уже не две, а четыре фазы. В последней четверти XIX в. наблюдалась фаза повышенного стока, которую сменила относительно короткая фаза пониженного стока. Затем снова наступила фаза повышенного стока и с 1930-х гг. наблюдается длительная фаза пониженного стока, которая еще продолжается.

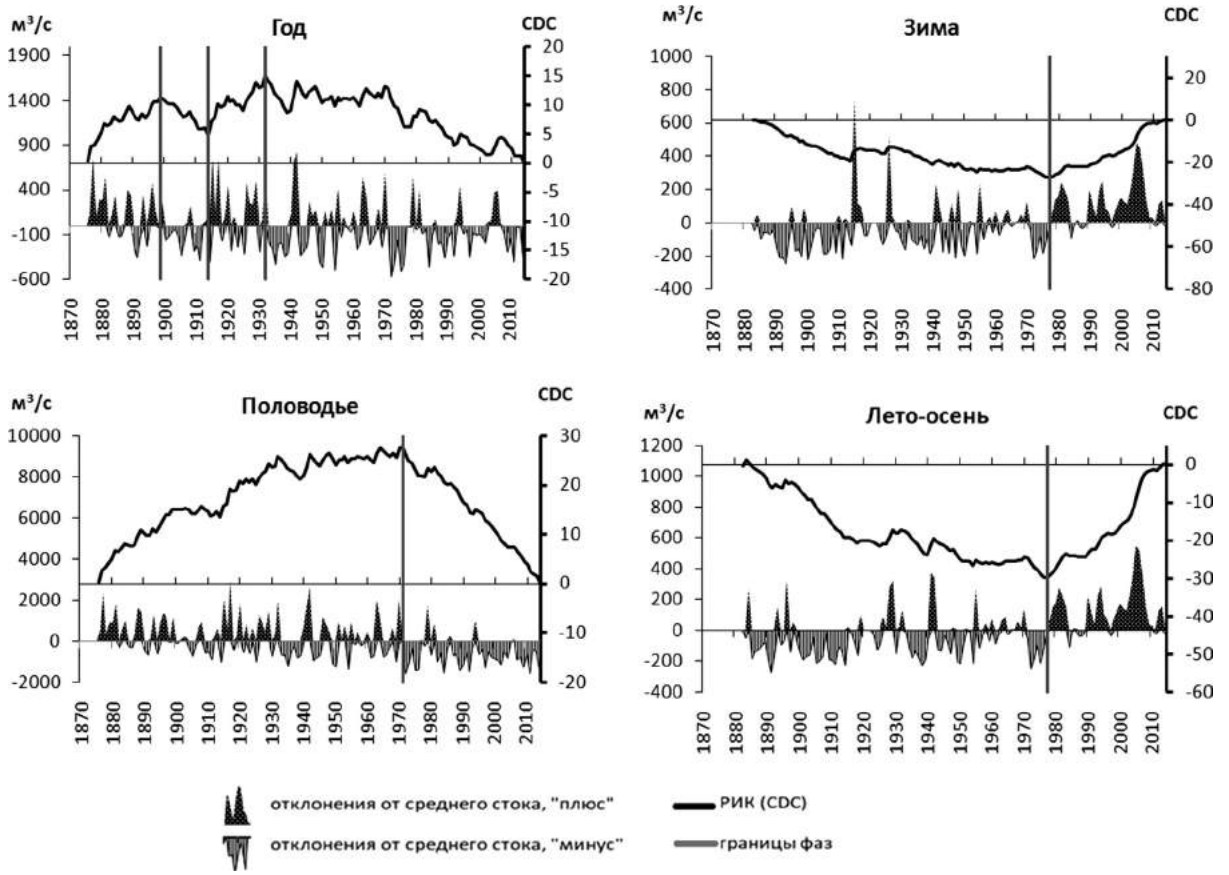


Рис. 1. Годовой и сезонный сток р. Дона у ст. Раздорской в отклонениях от среднего многолетнего значения и в координатах разностно-интегральной кривой (РИК). Вертикальные линии – границы фаз контрастной водности

Временная граница смены фаз контрастной водности заметно варьирует для годового стока и стока гидрологических сезонов.

Продолжительность фаз

Продолжительность фаз составляет от 15 до 90–100 лет. Как правило, длительность фаз пониженной водности превышает и зачастую значительно продолжительность фаз повышенной водности, кроме половодья, для которого характерно обратное соотношение.

Различия в стоке контрастных фаз

Разница (относительно значений, характерных для фазы пониженного стока) среднемноголетнего условно-естественного стока между долговременными фазами его повышенных и пониженных значений составляет для годового стока 18 %, стока половодья – 65 %, зимнего стока – около 53 %, а летне-осеннего стока – 52 %.

Вклад климатических и антропогенных факторов в изменения стока Дона в эпоху современного потепления климата

Современное потепление климата в Донском регионе началось с 1980 г. С этого года наблюдается довольно интенсивный рост среднегодовой температуры воздуха, осредненной по его бассейну.

Для оценки вклада климатических и антропогенных факторов в изменения стока Дона у Раздорской сравнивался условно-естественный (восстановленный) сток Дона за период 1930–1980 гг. (период исчисления нормы стока) и фактический (антропогенно-измененный) и условно-естественный (восстановленный) сток за период современного потепления климата (1981–2014 гг.). Для этих двух периодов были рассчитаны средние значения стока, а также оценена разница между ними. Сравнительный анализ среднего стока указанных периодов показывает, что суммарные изменения стока Дона в период современного потепления климата, произошедшие под влиянием как антропогенных воздействий, так и климатических факторов, составляют для годового стока 18,5 %, стока половодья – 59 %, стока летне-осеннего периода – 47,6 %, а зимнего стока – 88 %. При этом и климатические, и антропогенные факторы, действуя в одном направлении, снижают годовой сток и сток половодья и увеличивают меженный (зимний и летне-осенний) сток. Вклад климатических факторов в общее изменение стока Дона после 1980 г. составляет для годового стока 24,5 %, стока половодья – 54 %, зимнего стока – 57 %, а летне-осеннего стока – 98 %.

Заключение

В течение периода инструментальных наблюдений для зимнего и летне-осеннего стока Дона у Раздорской выделяются две основные долговременные фазы, связанные с климатическими изменениями, одна из которых – фаза пониженного стока – приурочена к началу периода наблюдений, а сменившая ее фаза повышенного стока начинается в 1970–1980-е гг.

Две продолжительные фазы были выявлены также в многолетних изменениях стока половодья. Но первая из них (с 1870-х гг.) характеризовалась повышенным стоком, после которой (с 1972 г.) наступила фаза его пониженных значений. Для годового стока картина смены контрастных фаз носит более сложный характер. Выделяются четыре контрастные фазы, последняя из которых (длительная фаза пониженного стока) наступила в 1930-е годы и продолжается до последних лет.

Продолжительность контрастных фаз водности Дона весьма различна и находится в широком диапазоне от 15 до 90–100 лет. Средний сток контрастных фаз отличается между собой на 18–65 %.

За период современного потепления климата (начиная с 1980 г.) годовой сток и сток половодья Дона, под влиянием как антропогенных, так и климатических факторов уменьшился соответственно на 18,5 % и 59 %, а сток летне-осеннего и зимнего периода увеличился на 47,6 % и 88 %. При этом вклад климатических факторов в общее изменение стока Дона оказался наибольшим в летне-осенний период (98 %), а наименьшим в годовом стоке (24,5 %).

Исследования были поддержаны РФФИ, грант 17–05-00948.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы России и их использование / под ред. Шикломанова И.А. СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
2. Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Долговременные изменения стока крупнейших сибирских рек // Изв. РАН. Серия географическая. 2016. № 5. С. 70–81.
3. 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.: Макс Пресс, 2014. 214 с.
4. Georgiadi A.G., Kashutina E.A., Milyukova I.P. Long-term Changes of Water Flow, Water Temperature and Heat Flux of the Largest Siberian Rivers // Polarforschung. 2018. 87 (2). 167–176.

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА-А

В.С. Герасюк[1], Г.К. Тимошенко[1,3], В.В. Поважный [1,2], П.С. Пляка[1], Ю.И. Юрасов [1]
[1]Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург
[3]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
gerasyuk.v@mail.ru

Флуоресцентный метод определения хлорофилла-А (хл-А) широко применяется в биоокеанологии и детально разработан [1; 2] с момента своего описания в 1963 г. [3]. Большинство флуориметров для определения хл-А *in situ* используют для возбуждения флуоресценции широкополосный источник излучения (газоразрядную лампу) с первичным светофильтром (λ_{max} ~430 нм), а для регистрации сигнала – чувствительный фотоумножитель, оснащенный вторичным светофильтром ($\lambda_{max} \geq 660$ нм) [1]. Использование светофильтров приводит к ослаблению возбуждающего и регистрируемого излучения, требует наличия в составе устройства электронной схемы усиления сигнала. Малогабаритные датчики флуоресценции фитопланктона *in vivo* в составе зондов вертикального и горизонтального профилирования устроены подобным образом [1; 4].

Быстрое развитие современной элементной базы электронных систем, в частности твердотельных источников излучения – светодиодов высокой яркости, позволяет по-новому подойти к вопросам проектирования и эксплуатации многих измерительных приборов, в том числе датчиков флуоресценции хл-А. Массовое производство мощных светодиодов и снижение их стоимости в последние годы сделало данные устройства привлекательными для создания высокоточных и доступных аналогов фотометров и флуориметров классических схем [5].

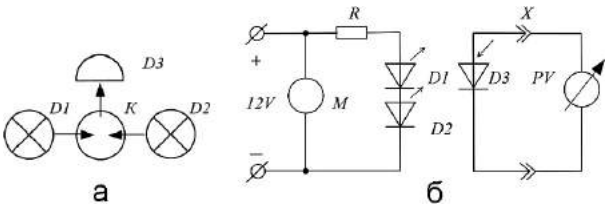


Рис. 1. Оптическая (а) и электрическая схема (б) разработанного флуориметра (пояснения в тексте)

Целью настоящей работы является создание и апробация рабочего макета прибора для определения флуоресценции хл-А *in vitro* на основе мощных светодиодов.

Оптическая схема разработанного макета флуориметра представлена на рисунке 1.

Для уменьшения случайной составляющей погрешности фиксировалось не менее 11 значений измерений. Объем экстракта в кювете во всех случаях составлял 1,5 мл. Перед каждой серией измерений регистрировался сигнал холостой пробы U_0 (чистый 90 % ацетон). Флуоресценция (Ф) рассчитывалась как

$$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^{11} (U_1 - U_0)}{11}, \quad (1)$$

где U_1 – сигнал измеряемого экстракта, мВ.

Для калибровки показаний прибора использовались результаты стандартных определений концентрации хл-А ($C_{хл\text{-}а}$, мкг/мл), полученные на двулучевом спектрофотометре Evolution 300 (Thermo, США) по методике [6] с использованием формулы Джеффри и Хамфри [7] без подкисления.

Пробы хл-А для калибровки показаний прибора отбирались в апреле 2011 и августе 2012 г. в поверхностном слое Азовского моря [8]. Пробы фильтровались под вакуумом с использованием стекломикроволоконных фильтров MGF (Sartorius, *D* = 47 мм, средний размер пор – 0,7 мкм).

Результаты 27 параллельных определений Ф и $C_{хл\text{-}а}$ в одном экстракте, использованные для калибровки показаний прибора при $\Phi \geq 1.1$ мВ, показаны на рисунке 2. Таким образом, минимальную концентрацию хл-А в экстракте, определяемую прибором, можно оценить в 0,012 мкг/мл, что соответствует нижней границе чувствительности коммерческих образцов флуориметров.

Валидация коэффициента, связывающего Ф и $C_{хл\text{-}а}$, а также модифицированной методики отбора и экстракции хл-А проводилась по результатам параллельных определений хл-А в Каспийском, Азовском и Чёрном морях (n = 38) [8]. Для каждой из двух серий определений методом наименьших квадратов рассчитывалось уравнение регрессии вида

$$y = a^*x, \quad (2)$$

где *y* – концентрация хл-А в воде по данным стандартных определений, *a* – множитель, *x* – концентрация пигмента, определенная модифицированной методикой отбора и экстракции проб, рассчитанная с использованием полученного в ходе калибровки коэффициента. Соответствие полученных данных друг другу определялось по близости к единице множителя *a* и коэффициента детерминации R^2 уравнения (2). Результаты валидации показаний флуориметра приведены на врезках (а, б) рисунка 2.

При обработке проб, отобранных в Каспийском море, не учитывалась поправка на испарение экстракта из пластиковых пробирок, что привело к отличию в результатах валидации модифицированной методики по данным двух экспедиций. Результатом данных работ [8; 9] стал прототип прибора, изготовленного в ЮНЦ РАН (см. рис. 3).

На рисунке 3 представлен прототип портативного комплекса для определения концентрации хлорофилла-А и разработанная для него бета-версия программного обеспечения, позволяющего производить измерения (см. рис. 4).

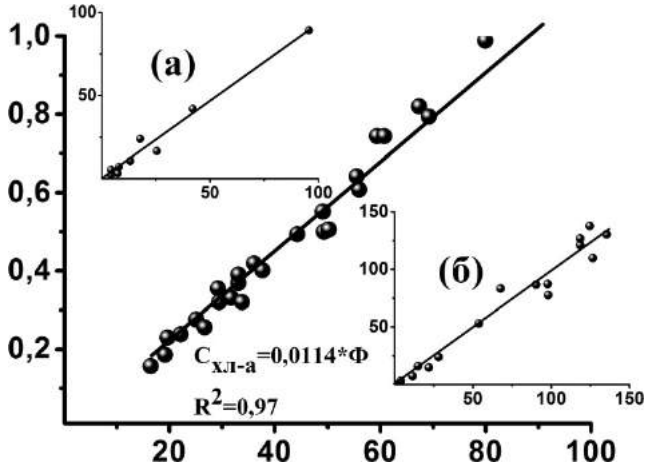


Рис. 2. Результаты калибровки и валидации показаний флуориметра по данным экспедиций в Каспийское (а), Азовское и Чёрное моря (б)
($C_{хл-а}$ – результаты измерений хл-А стандартным методом; $C^*_{хл-а}$ – результаты измерений хл-А модифицированной методикой на флуориметре)

Во время морских экспедиций на научно-исследовательских судах Южного научного центра РАН «Профессор Панов» и «Денеб» была произведена апробация прибора, в результате чего были получены данные, которые позволяют осуществить анализ распределения концентрации хл-А по судовому ходу от Черного моря до Таганрогского залива (рис. 5, 6). Содержание хлорофилла-А увеличивается экспоненциально по мере продвижения от Черного моря к наиболее продуктивным водам Таганрогского залива и в самом заливе достигает максимальных значений.

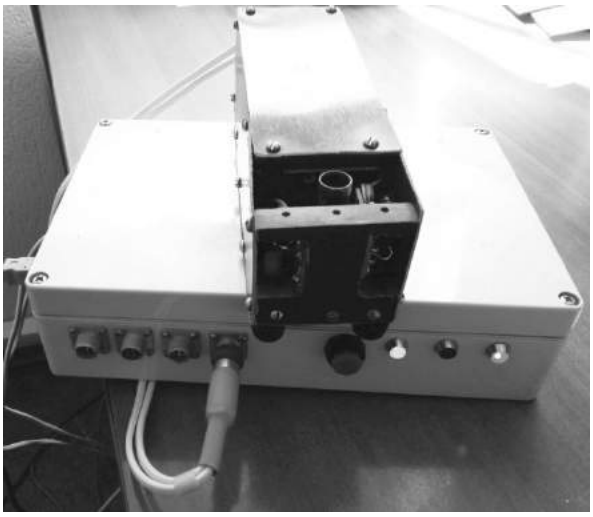


Рис. 3. Прототип портативного комплекса для определения концентрации хл-А

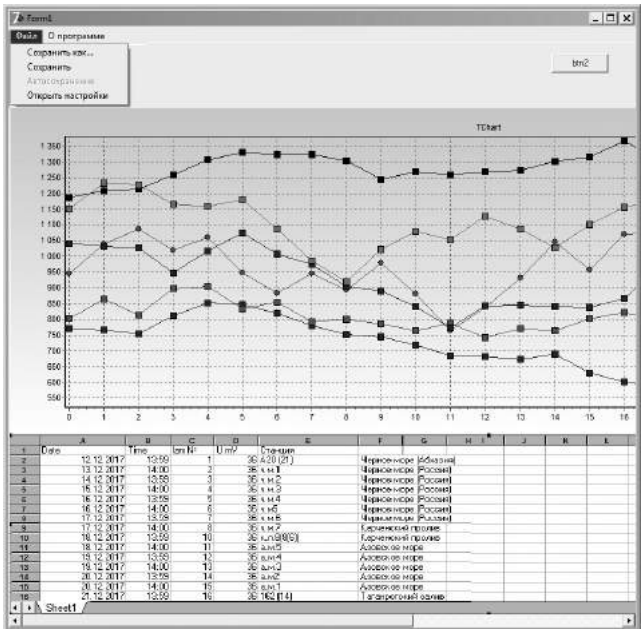
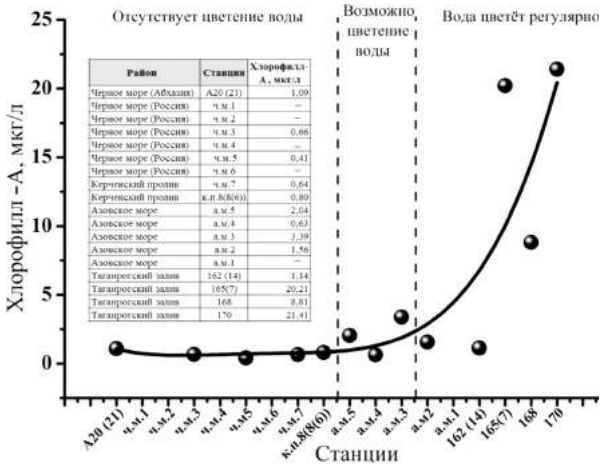


Рис. 4. Интерфейс разработанной программы для измерения концентрации хл-А с помощью портативного комплекса

Основным результатом работы является создание современного портативного комплекса для определения концентрации хлорофилла-А, который позволяет с меньшими затратами времени и материалов, но с более высокой точностью (в сравнении со спектрофотометрическим методом определения хл-А) производить измерения содержания хлорофилла-А, что также является актуальным для олиготрофных водоемов. Прибор

полезен не только для проведения научных исследований, но и для систем водозаборов, обеспечивающих водоснабжение населения.

Рис. 5. Карта станций



Район	Станция	Хлорофилл-А, мкг/л
Черное море (Абхазия)	А20 (21)	1,09
Черное море (Россия)	ч.м.1	–
Черное море (Россия)	ч.м.2	–
Черное море (Россия)	ч.м.3	0,66
Черное море (Россия)	ч.м.4	–
Черное море (Россия)	ч.м.5	0,41
Черное море (Россия)	ч.м.6	–
Керченский пролив	ч.м.7	0,64
Керченский пролив	к.п.8(8(6))	0,80
Азовское море	а.м.5	2,04
Азовское море	а.м.4	0,63
Азовское море	а.м.3	3,39
Азовское море	а.м.2	1,56
Азовское море	а.м.1	–
Таганрогский залив	162 (14)	1,14
Таганрогский залив	165(7)	20,21
Таганрогский залив	168	8,81
Таганрогский залив	170	21,41

Рис. 6. Распределение концентрации хлорофилла по судоходному каналу от Черного моря до Таганрогского залива, измеренное с помощью разработанного прибора. На врезке представлена таблица с экспериментальными данными

Результаты получены в рамках выполнения Госзадания ЮНЦ РАН № АААА-А19-119040390083-6 с использованием оборудования ЦКП ЮНЦ РАН № 501994, программы УМНИК-13885ГУ/2018 (ИДЕЛЬ-16).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карабашев Г.С. Флюоресценция в океане. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 199 с.

2. Arar E.J., Collins G.B. In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence US EPA Method 445.0 // Methods for the Determination of Chemical Substances in Marine and Estuarine Environmental Matrices. 1997. P. 132–154.

3. Yentsch C.S., Menzel D.W. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence // Deep Sea Res. 1963. Vol. 10. P. 221–231.

4. O'Toole M., Diamond D. Absorbance based light emitting diode optical sensors and sensing devices // Sensors, 2008. Vol. 8. P. 2453–2479.

5. Dasgupta P.K., Eom I.-Y., Morris K.J., Li J. Light emitting diode-based detectors Absorbance, fluorescence and spectroelectrical measurements in a planar flow-through cell // Analytica Chimica Acta. 2003. Vol. 500. P. 337–364.

6. ГОСТ 17.1.04.02.-90. Государственный контроль качества воды. М.: Изд-во стандартов, 2001. 688 с.

7. Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New Spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c_1 and c_2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. 1975. Vol. 167. P. 191–194.

8. Поважный В.В. Флуориметр на основе мощных светодиодов для определения концентрации хлорофилла "А" // Океанология. 2014. Т. 54. № 3. С. 419.

9. Пляка П.С., Поважный В.В. Автономный флуориметрический комплекс для определения содержания хлорофилла фитопланктона и общего взвешенного вещества в водной среде // Патент РФ на полезную модель № 177930. Опубликовано: 16.03.2018. Бюл. № 8. Заявка: 2016149468, 15.12.2016.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОГРАММЫ В БАССЕЙНЕ р. ДОН И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.П. Демин
Институт водных проблем РАН, г. Москва
deminap@mail.ru

Бассейн реки Дон – важнейший в экономическом отношении регион России, где проживает почти 10 % населения страны, а плотность населения в 4,5 раза превышает среднероссийский показатель. Проблема обеспечения населения и объектов экономики водными ресурсами надлежащего качества и в требуемом режиме остро стоит на территории этого бассейна. Высокое косвенное (площадное) воздействие на водные объекты проявляется в виде антропогенных нагрузок на водосборе, связанных с заселением территории и хозяйственной деятельностью жителей. Регион характеризуется высоким уровнем индустриализации и развитой транспортно-коммуникационной инфраструктурой.

Однако дальнейшее поступательное развитие региона тормозит нарастающий дефицит водных ресурсов. В бассейне р. Дон функционирует сложившийся многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основными участниками которого являются водоснабжение всех категорий, обводнение пастбищ, орошаемое земледелие, рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика. Анализ обеспеченности населения и объектов экономики в бассейне водными ресурсами показал, что величина суммарного безвозвратного изъятия стока на современном уровне состояния водохозяйственного комплекса практически соответствует объему допустимого безвозвратного изъятия стока.

Бассейн реки Дон занимает территорию 422 тыс. км^2, на которой полностью или частично располагаются 15 субъектов РФ и 3 области Украины. В бассейне р. Дон находятся земли Тульской, Орловской, Рязанской, Липецкой, Воронежской, Тамбовской, Курской, Белгородской, Пензенской, Саратовской, Волгоградской и Ростовской областей, Ставропольского, Краснодарского краев и Республики Калмыкия (369,0 тыс. км^2, или 87,4 % территории бассейна), а также Харьковской, Луганской и Донецкой областей Украины (53,0 тыс. км^2, или 12,6 % территории).

На восемь регионов (Ростовская, Волгоградская, Воронежская, Саратовская, Липецкая, Белгородская, Тамбовская области и Ставропольский край) приходится 89 % водосборной площади российской части бассейна р. Дон. Анализу водохозяйственных мероприятий в этих регионах следует уделить первостепенное внимание, так как именно на этой территории формируются условия, определяющие количественные и качественные характеристики состояния р. Дон.

Рассмотрим реализацию государственных программ и ведомственных целевых программ по рациональному использованию, охране и воспроизводству водных ресурсов в этих субъектах Федерации. Цели программ: обеспечение социально-экономических потребностей в водных ресурсах, рационального использования и охраны водных объектов; обеспечение безопасности гидротехнических сооружений; обеспечение защищенности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

В Тамбовской области количество гидротехнических сооружений (ГТС), находящихся в государственной собственности, составляет 117 штук. Доля ГТС, имеющих безопасное техническое состояние, к началу 2018 г. достигла 70 %. Осуществляется охрана 30 водных объектов области. Протяженность участков русел рек, нуждающихся в увеличении пропускной способности, составляет 626 км, протяженность расчищенных участков русел рек по нарастающей с 2007 г. по 2012 г. за счет субвенций составила 33 км на 13 водных объектах области. В 2013–2017 гг. расчищен еще 21 км русел рек, при этом извлечено 308 тыс. м^3 донных отложений и мусора.

В Липецкой области только 6 % от общего объема сбрасываемых сточных вод, требующих очистки, очищаются до установленных нормативов. На территории области расположены 346 ГТС, построенных по проектам. Доля ГТС, имеющих безопасное техническое состояние, к началу 2018 г. достигла 93,4 %. На территории, подверженной негативному воздействию вод, проживает 31 тыс. чел. К 2020 г. планируется сократить этот показатель на 9,7 тыс. чел. Серьезной проблемой является разрушение берегов Матырского водохранилища, что требует проведения комплекса мер инженерной защиты по берегоукреплению. В 2016 г. проведено берегоукрепление р. Ягодная Ряса (0,27 км).

В 2014 г. расчищено более 8 км р. Колпинка, в 2015 г. – 6,6 км. В 2014 г. началась экологическая реабилитация р. Воронеж в черте г. Липецка протяженностью 12 км. В 2016 г. расчищено 2,3 км р. Становая Ряса, в 2017 г. – 1,9 км. За счет средств областного бюджета проведена расчистка 5 прудов в 2014 г., семи прудов в 2015 г., 10 водных объектов в восьми районах в 2016 г., 6 объектов в 2017 г. В 2015 г. закреплена на местности граница

водоохранной зоны р. Воргол на протяжении 25 км. В 2016 г. определены границы водоохранной зоны и прибрежных защитных полос с установлением информационных знаков на участке р. Воронеж в г. Липецке протяженностью 12 км.

Около 50 % стоков, сбрасываемых в водные объекты Воронежской области, являются загрязненными. Основной объем таких вод сбрасывается предприятиями ЖКХ, где значительно изношены очистные сооружения и применяются устаревшие технологии очистки сточных вод. На территории области числятся 159 ГТС, при этом более 50 % сооружений построено без проектной документации, с нарушением строительных норм и правил. В 2016–2017 гг. осуществлен капитальный ремонт ГТС прудов на четырех балках. Доля ГТС, имеющих безопасное техническое состояние, к началу 2018 г. достигла 90,1 %.

Проводятся работы по расчистке русел рек Усмань, Толучеевка, Подгорная. Проведено вселение растительноядных видов рыб в Воронежское водохранилище с целью улучшения его экологического состояния. Начаты работы по реализации первого этапа берегоукрепительных работ на Воронежском водохранилище. Снижена доля населения, проживающего на территориях, подверженных риску затопления, на 90,7 тыс. человек. Определены границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос р. Дон. Доля установленных водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов в протяженности береговой линии, требующей установления водоохранных зон, к началу 2018 г. достигла в области 34,6 %.

Белгородская область относится к числу наиболее маловодных регионов России. Территория области наиболее эродирована среди регионов Центрального Черноземья (54 %). Вместе с почвой при водной эрозии и дефляции с пашни смывается от 10 до 30 % вносимых удобрений и пестицидов, что оказывает негативное влияние на качество воды.

61 ГТС находилось в аварийном и предаварийном состоянии. Осуществлен капитальный ремонт ГТС трех прудов в 2014 г. и ГТС пяти прудов, а также водохранилища на р. Черная Калитва в 2016 г. Доля сооружений с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности, приведенных в безопасное техническое состояние, в общем количестве ГТС, нуждающихся в ремонте, к началу 2017 г. составляла лишь 37,7 %. Доля населения, проживающего на подверженных негативному воздействию вод территориях, защищенного в результате проведения мероприятий к началу 2017 г. составила 38 %. За 2014–2017 гг. определены границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос рек длиной 786 км. Закреплены на местности границы водоохранных зон и защитных полос рек на протяжении 320 км. Расчищено русло р. Нежеголь на участке протяженностью 1 км. Длина всего расчищаемого участка составляет 39,1 км.

В Саратовской области к Донскому бассейну относится большинство рек Правобережья (Хопёр, Медведица, Иловля и их притоки). Практически все реки области зарегулированы в целях комплексного использования, для стабилизации пропуска паводка. Построено 3045 прудов и водохранилищ, 153 защитных сооружения.

На территории области с 2016 г. нет бесхозяйных ГТС, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации. Работы по расчистке проводились с 2013 по 2015 гг. на участке р. Камелик протяженностью 8,6 км. В 2015 г. на р. Еруслан выполнены работы по расчистке на участке протяженностью 3,65 км. В 2015–2016 гг. расчищено русло р. Медведица протяженностью 3,2 км. Повышена защищенность 307 тыс. чел. и объектов экономики от наводнений и другого негативного воздействия вод.

В 2014 г. за счет средств федерального бюджета выполнены работы по закреплению на местности границ прибрежных защитных полос р. Большой Иргиз специальными информационными знаками в количестве 110 шт. В 2015 г. определялись границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос рек Камелик, Елань, Большой Караман, Большой Узень и Малый Узень на участках общей протяженностью 2594 км.

В Волгоградской области протекает более 200 водотоков, относящихся к бассейнам двух крупных рек – Волги и Дона. Большая часть ГТС в результате длительной эксплуатации и несвоевременного проведения ремонта имеет высокую степень износа, находится в нерабочем или аварийном состоянии, при этом 66 сооружений требуют принятия неотложных мер по ремонту. В 2014 г. осуществлен капитальный ремонт пяти ГТС, в 2015 г. – семи, а в 2017 г. – восьми ГТС. К началу 2108 г. доля ГТС, приведенных в безопасное техническое состояние, в общем количестве потенциально опасных ГТС составила 48,3 %. Протяженность участков восстановленных и экологически реабилитированных водных объектов за 2014–2017 гг. увеличилась на 27,2 км, а объем выемки донных отложений составил 884,2 тыс. $м^3$. Численность населения, экологические условия проживания которого были улучшены в результате реализации этих мероприятий, составила 2,95 тыс. чел.

В 2014 г. выполнены работы по определению границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос р. Дон на участке протяженностью 168 км, а в 2015 г. – 84 км. В 2016 г. установлены информационные знаки для обозначения границ водоохранных зон (х. Бобры). В 2017 г. выполнены работы по определению границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос рек Дон и Ахтуба общей протяженностью 319,6 км.

На территории Ростовской области количество бесхозяйных ГТС, принятых в муниципальную собственность, за 2013–2017 гг. составило 548 единиц, а количество ГТС, приведенных в безопасное техническое

состояние, – 11 единиц. Доля ГТС, имеющих безопасное техническое состояние, в общем числе сооружений достигла 75,3 %.

В 2014 г. расчищено 2,92 км паводкоопасных участков русел рек в Октябрьском районе, 0,77 км балки Безымянной и 0,54 км р. Кизитеринка в г. Ростов-на-Дону. В 2015 г. расчищено 0,65 км русла р. Чир, 13,8 км участка р. Глубокая. В 2016 г. выполнена расчистка 5,77 км русла р. Березовая, 3,9 км русла р. Темерник, 2,16 км р. Глубокая. В 2017 г. расчищено русло р. Темерник (3,7 км) и р. Глубокой (1,97 км).

В 2013 г. установлены границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос на р. Северский Донец (2322 км), р. Чир (1314 км), р. Дон (788 км); в 2014 г. – на р. Кагальник Азовский (620 км) и р. Миус (622 км). В 2016 г. аналогичные работы проведены на реках: Черкасская (26 км), Белая (163,8 км), Кагальник Донской (621,6 км); в 2017 г. – на реках Чалтырь, Керчик, Жигуля, Донской Чулек, Бургуста, Сухой Донец, Сусат, Погромная и др. общей протяженностью 1108,5 км. В 2013 г. закреплены на местности информационными знаками границы водоохранных зон и прибрежных полос на р. Сал (234 штук) и р. Тузлов (148). В 2016 г. такие же работы проведены на р. Калитва (240 знаков), в 2017 г. – на реках Черкасская, Белая и Чир (221 знак).

В Ставропольском крае расположено 5477 ГТС (в т.ч. 2207 бесхозяйных), из которых 2191 имеет неудовлетворительный и опасный уровень безопасности (на 2014 г.) За 2015–2017 гг. на территории Донского бассейна закончены работы по капитальному ремонту ГТС пруда «Колесников» на р. Ягурка и противоэрозионного пруда «Чигорев» на р. Чла в г. Михайловск Шпаковского района. Всего на территории края за этот период приведено в безопасное состояние 6 ГТС, что крайне мало.

Осуществлена расчистка русла р. Ташла в с. Донское, а также рек Калаус и Карамык в г. Светлоград. Активно проводились работы по установлению границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос. К началу 2018 г. доля установленных (нанесенных на землеустроительные карты) водоохранных зон водных объектов в общей протяженности береговой линии, требующей установления водоохранных зон, достигла 50,6 %.

Проведенный анализ показал, что наиболее интенсивно программы по рациональному использованию, охране и воспроизводству водных ресурсов бассейна р. Дон выполняются в Воронежской и Ростовской областях.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ

Н.З. Каипова, О.А. Трофимова
Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета, г. Сибай
nazgul1757@gmail.com

Прибрежные зоны представляют собой крупнейший накопитель загрязнения, но они привлекают внимание и создают беспокойство у экологов не только из-за увеличения загрязнения.

Еще в 1973 г. в резолюции 55-й сессии Экономического и социального совета ООН акцентировалось, что прибрежные зоны являются одним из наиболее ценных активов многих стран, они развиваются. В 1992 г. на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР-2) внимание государств и правительств было обращено на глобальный характер проблем рационального использования и охраны природных ресурсов океанов и прибрежных районов.

Природные ресурсы прибрежных районов и акваторий во многих странах в настоящее время переживают антропогенный стресс по разнообразным причинам: это загрязнение, регулирование речного стока, уничтожение макрофитов, что приводит к снижению общей биологической продуктивности, разрушению рыбоводных угодий, сокращению ценных промысловых видов.

Критические последствия антропогенного вмешательства очень разнообразны. К ним относятся береговое разрушение и потеря плодородных земель, развал сооружений, загрязнение окружающей среды, негативные условия жизни людей, животных и растений, потенциальные изменения в экосистемах, в том числе нарушение пищевых цепей, снижение способности к самоочищению, уменьшение биологического разнообразия и биологической продуктивности.

В то же время появились проблемы целесообразного использования и защиты прибрежных зон от чрезмерного антропогенного давления и загрязнения. Непрерывно создаются конфликты – как внутригосударственные

(в случае столкновения интересов промышленности, социальных и экологических интересов), так и межгосударственные (в случае присутствия виновников загрязнения и других нежелательных явлений).

В минувшие десятилетия XX в. были приняты важные документы ООН, Европейских сообществ и правительств многих государств, основан ряд международных организаций, создающих проекты по разумному использованию прибрежных зон. К ним относятся Комиссия по прибрежным системам Международного географического союза, Европейская ассоциация исследований и технологий прибрежных зон, Европейский союз по защите прибрежных районов, Международный центр исследований океана и прибрежной политики, проекты, осуществляемые под эгидой ЮНЕСКО, проекты МГБП и другие.

Прибрежные районы суши и прибрежные воды чаще всего представляют собой районы универсального потребления. В этом случае предполагается добыча и переработка полезных ископаемых, формируются различные виды промышленности, создаются портово-промышленные комплексы, развиваются судоходство и рыболовство, строятся прибрежные города и порты, ведется сельскохозяйственное производство, выпас скота, прибрежное земледелие, рекреация и туризм.

Прибрежные районы и акватории являются зонами преимущественно сильного взаимодействия хозяйственной деятельности человека и природной среды и подвергаются большой антропогенной нагрузке.

Велика ли антропогенная нагрузка прибрежных районов? Об этом свидетельствует, к примеру, доля сосредоточенной береговой линии, которая предусмотрена в некоторых странах мира. По мнению экспертов Греции, 25 % береговой линии сосредоточены, а еще 50 % переживают большую антропогенную нагрузку. В Японии в начале 1980-х гг. только 60 % береговой линии было в естественном состоянии. В России на Балтийском море (Калининградское побережье) около 40 % береговой линии находится под антропогенным влиянием, на Черном море – около 20 %, на Азовском море – около 15 % [Авакян, 1994а].

В наши дни ситуация прибрежных районов в некоторых странах трактуется как негативная. Для Западной Европы подобная оценка была дана еще в 1973 г. В Кении негативное влияние прибрежных районов вызвало серьезное загрязнение из-за высокой концентрации туризма. В Нигерии из-за неумеренного вылова рыбы, эксплуатации месторождений и переработки нефти уловы рыбы сократились почти на 40 %.

В итоге долгосрочной эксплуатации природных ресурсов прибрежных районов Вьетнама, их нерационального использования в марикультуре произошло значительное сокращение этих ресурсов, исчезновение некоторых видов, имеющих высокую экономическую ценность, и ухудшение условий природной среды. Значительный антропогенный стресс, обусловливающий конфликтные ситуации, наблюдается в Малайзии: вылов рыбы превышает возможные меры, массовый туризм не регламентируется государством, расширяется из-за увеличения добычи нефти, газа и др. Похожая обстановка на побережьях Мексики [Еремин, Сафонов, 2008а].

Источником отрицательных изменений в экосистемах прибрежных районов и акваторий могут быть перемены в гидрохимическом режиме в результате всевозможных явлений, связанных с антропогенным влиянием. Дельты и устья рек, прибрежные дюны, соленые марши, лагуны, лиманы, острова считаются больше всего незащищенными. Опасная обстановка возникла на Азовском и Черноморском побережьях около устьев крупных рек: Днепра, Дона, Кубани, Дуная, Днестра. Идет размывание пляжей, оползней на крутых прибрежных склонах. Например, в прибрежной зоне Азовского моря курортно-рекреационные объекты, разработка полезных ископаемых, сельскохозяйственная деятельность доставляют каждый год к потере земель около 40 га [Авакян, 1994б].

В бассейнах рек, впадающих в моря и океаны, значительным фактором, отрицательно влияющим на природные экосистемы, включая прибрежные районы, является регулирование, строительство плотин и гидроэлектростанций. Это приводит к нарушению естественного водного режима, снижению стока рек, уменьшению расхода, образующего береговые отложения, а также это влечет изменения в мире животных и растений. К примеру, в России регламентирование стока Дона и Кубани вывело вынос в Азовское море от 1 до 5 млн т материала, что сильно повлияло на репродукцию моллюсков, годовая продукция которых сократилась с 24,5 млн т до 6 млн т.

Строительство гидротехнических сооружений в долинах крупных рек, начавшееся в 1950-х гг., привело к драматическим изменениям в устье реки Терек, в дельтах рек Самур и Судак, а также важную роль сыграло удаление стока при создании систем искусственного орошения [Еремин, Сафонов, 2008б].

Прибрежные зоны арктических бассейнов Мирового океана ослабли из-за экологических и географических особенностей.

Особенная природа Антарктики, включая ее прибрежные районы, охватывает ограниченное количество компонентов по сравнению с другими регионами земного шара, что предполагает специальный подход для экономического использования.

Таким образом, прибрежные экосистемы испытывают серьезный стресс. Влияние повысившейся активности в настоящее время отражается в темпах понижения береговой линии, нарушениях наземных и водных

экосистем, повышении уровня загрязнения и сокращении прибрежной и рыболовной деятельности. Состояние обостряется возможной опасностью наводнения из-за прогнозируемого глобального потепления и других изменений климата.

Экологические трудности прибрежной и морской среды в России становятся наиболее значительными. Россия является крупнейшим в мире морским государством, ее континентальные берега – самые протяженные на планете. Их омывают воды 13 морей: Балтийского, Баренцева, Черного, Каспийского, Японского, Белого, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Берингова, Чукотского, Охотского, Азовского.

Все виды экосистем представлены на побережьях России: от полярных пустынь и арктических тундр до дальневосточных лиственных лесов и ксерофильных редколесьев средиземноморского вида.

Побережья России являются зоной обитания редких и исчезающих видов, занесенных в Красную книгу России. Также на морских побережьях проживает более 10 % населения России, включая, жителей больших городов: Санкт-Петербурга, Калининграда, Мурманска, Архангельска, Владивостока, Новороссийска и др.

Из-за проблем побережий в России принят ряд Федеральных законов: «О континентальном шельфе» (1995 г.), «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ» (1998 г.).

Рациональное использование водных ресурсов – это, в первую очередь, защита водных пространств от загрязнения, и, поскольку промышленные стоки занимают первое место по объему и ущербу, которые они наносят, необходимо решить проблему их сброса в реки. Прибрежные экосистемы испытывают сильную антропогенную нагрузку. Влияние возросшей активности в настоящее время проявляется в ускоренных темпах деградации береговой линии, нарушениях наземных и водных экосистем, увеличении загрязнения и сокращении прибрежной и рыболовной деятельности. Ситуация усугубляется возможной опасностью наводнения из-за прогнозируемого глобального потепления и других изменений климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное использование водных ресурсов. Екатеринбург: «Виктор», 1994.

2. Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации» от 30.11.1995 N 187-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс».

3. Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» от 31.07.1998 № 155-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс».

4. Еремин В.Г., Сафонов В.Г. Экологические основы природопользования. М., 2008.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Н.Г. Кузнецов, В.А. Бондаренко, Н.В. Гузенко
Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону
b14v@yandex.ru

Российская Федерация располагает богатейшим природно-ресурсным потенциалом, активная эксплуатация которого сказывается отрицательно как на благосостоянии и продолжительности жизни населения, так и на показателях экономического развития регионов РФ. Современная крайне негативная социально-экономическая ситуация во многом предопределена деструктивной отечественной практикой хозяйственного освоения водно-ресурсных благ.

Наблюдающееся во всем мире и на территории Российской Федерации всё возрастающее потребление всех видов ресурсов, в том числе и водных, обусловливает потребность применения адекватных механизмов их рационального использования, которые будут удовлетворять как современным экономическим потребностям промышленных и иных предприятий, так и социальным потребностям населения в питьевой воде надлежащего экологического уровня. Следует отметить, что длительный период времени водные ресурсы на территории России использовались по экстенсивному сценарию. По этой причине проявляется дефицит водных ресурсов, характерный для многих водных территорий, что опосредует на сегодняшний день их нехватку, а также провоцирует загрязнение территорий и затруднение ведения хозяйственной

деятельности в данных ареалах [Данилов-Данильян, 2009]. Для водохозяйственной отрасли жизненно необходимо повысить экономическую эффективность использования водных ресурсов, а также нахождение результативных направлений развития всего комплекса в целом, включая инновационную составляющую, которая позволит улучшить качество предоставляемой воды, а также обеспечит эффективность вовлечения в хозяйственный оборот водоресурсных благ в различных отраслях и сферах национальной экономики.

Разработанная «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года» и ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» предусматривают кардинальные изменения в системе водохозяйственного управления. Однако требуется как научное обоснование проводимых рекомендаций, так и контроль со стороны государства и общества над следованием Стратегии и выполнением ФЦП. Проблематика обеспечения водными ресурсами хозяйствующих субъектов в регионе должна при таком взгляде на исследуемый вопрос опираться на рационализированный механизм распределения воды в интересах жителей региона и перспектив обеспечения поколений в будущем.

Среди основных деструктивных эколого-экономических последствий функционирования региональных водохозяйственных комплексов (ВХК) выделим основные: снижение рыбопродуктивности водоемов, издержки хозяйствующих субъектов, связанные с дополнительной водоподготовкой; рост заболеваемости населения вследствие употребления воды ненадлежащего экологического качества и т. д. Относительно использования водоресурсного потенциала р. Дон можно пояснить, что на сегодняшний день в бассейне р. Дон на территории России насчитывается более 6 тыс. предприятий-водопользователей. Укажем, что превалирующий объем потребляемых водных ресурсов бассейн р. Дон ориентирован на регион Ростовской области (порядка 56 %), Ставропольский регион (он потребляет до 20 %). Наименьшее потребление приходится на регион Воронежской области (8 %), на Волгоградский регион (6 %) и безусловным антилидером водопотребления среди перечисленных регионов является Липецкая область (4 %).

При оценке основных потребителей водных ресурсов р. Дон коммерческими структурами можно выделить промышленные предприятия – более 41 %, сельское хозяйство – более 40 %; доля ЖКХ составляет более 10 %. На остальные отрасли приходится около 9 % водопотребления [Ревунов и др., 2016].

Если рассматривать в целом региональный водохозяйственный комплекс, то в его состав входят водные ресурсы, органы управления и контроля, водопользователи, и он обладает свойственной ему функциональной, отраслевой, территориальной спецификой. Как известно, комплекс водохозяйственных ресурсов региона имеет естественное (природное) происхождение. Полноценное промышленное использование данного природного ресурса возможно при адаптивной организации соответствующего технологического цикла, включающего в себя транспортировку, обработку, подготовку к использованию различными видами хозяйствующих субъектов и домохозяйств.

Рассматривая ретроспективно развитие природохозяйственного комплекса Ростовской области за последние 10 лет, можно отметить двойственный социально-экономический и экологический характер. Экономический подъем региона оказывает существенное позитивное влияние на улучшение качества жизни и достаток жителей региона. Однако зачастую в основе такого экономического эффекта лежит экстенсивный тип развития, сохраняющийся невысокий уровень технико-технологического обеспечения функционирования субъектов хозяйственной деятельности региона. Участники данного процесса должны быть изначально ориентированы на внедрение инновационных технологий, позволяющих минимизировать ресурсные потери и повысить качество водоснабжения развиваемой территории. Полноценное обеспечение участников хозяйственных процессов в регионе водными ресурсами ориентировано на расширение возможностей их полноценного участия в различных экологических инициативах, направленных на повышение качества жизни населения и работы предприятий.

Сложившаяся в Ростовской области организационная модель управления водопользованием основывается на триаде законодательных инициатив федерального, регионального и ведомственного уровней. Тем не менее имеющаяся нормативно-правовая база не в полной мере обеспечивает доставку качественного водного ресурса заинтересованным аудиториям. В связи с этим необходимо опираться на существующий зарубежный опыт организации нормативно-правового обеспечения распределения водных ресурсов, ориентированный на защиту прав потребителей и выполнение требований нормативов и экологических стандартов [Ревунов и др., 2018].

Отметим, что для Ростовской области, ввиду климатогеографических условий, характерной является высокая освоенность и глубокое проникновение сельскохозяйственного производства в общие организационно-производственные процессы. Территории, задействованные под сельскохозяйственное производство, занимают порядка 80 %. С учетом действия климатического фактора не вызывает сомнения высокая потребность в водных ресурсах, испытываемая в весенне-летний период субъектами АПК Ростовской области.

Как показывает практика, 85 % воды, используемой сельхоз- и товаропроизводителями, применяется для орошения. Таким образом, от качества воды во многом зависит плодородие сельхозугодий и, соответственно, урожайность возделываемых культур. В последние годы в связи с регрессом качества водных ресурсов, обусловленным возрастающим антропогенным воздействием, наблюдается устойчивая тенденция ухудшения состояния почвенно-земельного потенциала.

На территорию сельхозугодий Ростовской области вместе с поливной водой попадают соединения хлора, тяжелые металлы, формальдегиды, нефтепродукты и пр., что приводит к накоплению в почвах продуктов техногенеза и создает риск попадания их по пищевой цепи в организм человека. В связи с этим не будет преувеличением сказать, что деструктивная водохозяйственная практика, сформировавшаяся в Ростовской области, является одним из факторов, ограничивающих развитие регионального агропромышленного комплекса, что, в свою очередь, негативно отражается на показателе динамки валового регионального продукта.

Существующая в РФ законодательная база, регулирующая водохозяйственные отношения, в приоритетном порядке представляет интересы различных ведомственных структур. Однако отмеченные ведомственные структуры, имея определенную заинтересованность и участвуя в регуляционных процедурах, не имеют возможности полноценно воздействовать на процессы и участвовать в экономически обоснованном ценообразовании из-за недостаточности проработки нормативно-правовой базы. Также отрицательное влияние оказывают такие факторы, как недофинансирование водоохранных мероприятий, снижение качества водных ресурсов. Интересы конечных пользователей предполагают дополнительные расходы на качественную очистку водных ресурсов.

Если рассматривать мониторинг и контроль использования водных ресурсов с позиции основного регулятора (управленческих структур), то предпринимаемые действия должны быть направлены на повышение качества жизни граждан России. Соответственно, организационно-экономические решения в части рациональной, полноценной и адаптивной настройки управления водными ресурсами целесообразно ориентировать на подходы мягкого регулирования водохозяйственных систем. Такой подход предполагает внедрение в систему управления субъектами исследуемой сферы определенных нормативов обслуживания и водообеспечения.

Эффективное и рациональное водопользование предприятиями и организациями, а также частными лицами, имеет четкую эколого-экономическую, техническую, и социальную направленность. Необходимо тщательно проектировать и внедрять в проекты хозяйственного освоения водоресурсных благ региона наиболее инновационные и экономически обоснованные системы подготовки и реализации водных ресурсов с учетом показателей качества окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 88 с.

2. Ревунов Р.В., Руденко Г.В., Чумакова В.Н. Приоритетные направления повышения эколого-экономической эффективности природопользования на региональном и муниципальном уровнях // Экономика и предпринимательство. 2016. № 1. Ч. 2.

3. Ревунов Р.В., Ревунов С.В. Направления модернизации механизма управления природопользованием на региональном уровне // Региональная экономика. Юг России. № 3. С. 156–164.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПАВОДКА НА р. МАКОПСЕ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ) 24–26 ОКТЯБРЯ 2018 г. НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

О.М. Макарьева [1,2], Н.В. Нестерова [2,3], А.Н. Шихов [4], Т.А. Виноградова [2]
[1]Институт Мерзлотоведения им. М.П. Мельникова СО РАН, г. Якутск
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
[3]Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург
[4]Пермский государственный университет, г. Пермь
omakarieva@gmail.com

Территория Черноморского побережья Северного Кавказа России характеризуется повышенным риском прохождения опасных природных явлений. В последние десятилетия произошли значительные изменения режима выпадения ливневых осадков в прибрежном регионе, связанные с ростом температуры поверхности Черного моря, что привело к увеличению количества и частоте катастрофических наводнений [Meredith et al., 2015]. Редкая гидрометеорологическая сеть не позволяет в необходимой мере фиксировать величины участившихся катастрофических ливней и вызванных ими паводков и своевременно обновлять ряды наблюдений за характеристиками максимального стока рек, используемые в задачах инженерных расчетов и проектирования. Регулярное разрушение инфраструктуры и человеческие жертвы свидетельствуют о том, что регион не готов к изменившимся климатическим условиям. Одним из недавних примеров стал паводок 24–26 октября 2018 года, в результате которого произошло обрушение 20-метрового участка автодорожного моста через р. Макопсе и было прервано автомобильное сообщение на федеральной трассе А-147 Джубга – Сочи.

В условиях недостаточности данных наблюдений для ретроспективной оценки катастрофических паводков может использоваться метод комплексного гидрометеорологического моделирования, основанный на совместном использовании климатических и гидрологических моделей. Целью работы является оценка максимального срочного расхода воды, сформированного на р. Макопсе в результате паводка 24–26 октября 2018 г.

Объектом исследования является бассейн неизученной реки Макопсе (площадь 38,9 км^2), расположенный на Черноморском побережье Северного Кавказа между населенными пунктами Туапсе и Лазаревское. В качестве дополнительных объектов для верификации гидрологической модели были использованы водосборы рек с наличием данных наблюденных за стоком – р. Куапсе – Мамедова щель (площадь 14 км^2) и р. Туапсе – г. Туапсе (площадь 351 км^2) (рис. 1). Климат района исследования влажный субтропический. На метеорологической станции Туапсе (2 м, 1966–2014) средняя годовая температура воздуха составляет 13,9 ˚С, годовое количество осадков достигает 1436 мм. Основная доля осадков выпадает в зимний период. Природные условия территории типичны для лесостепной зоны предгорий Главного Кавказского хребта.

Для моделирования процессов формирования стока использовалась детерминированная модель «Гидрограф» [Виноградов, Виноградова, 2010]. Модель представляет собой математическую систему с распределенными параметрами и содержит алгоритмы, описывающие динамику тепла и влаги в почвенном профиле в явном виде. Результатами моделирования является сток воды в замыкающем створе, а также распределенные переменные состояния ландшафтов – характеристики снежного покрова, температура и влажность почвы на разных горизонтах и др., что позволяет проводить многокритериальную оценку результатов расчетов на их соответствие наблюдаемым процессам и явлениям. В работах Макарьевой и др. [Макарьева и др., 2018, 2019] приводятся удовлетворительные результаты верификации модели «Гидрограф» для рек Черноморского побережья Северного Кавказа, в том числе реки Вулан, Дюрсо, Адерба, Туапсе, на суточном интервале. Также представлены примеры расчетов срочных расходов воды катастрофических паводков на изученной реке Туапсе и неизученной реке Цемес (г. Новороссийск), проведенные на основе использования данных плювиографов. Полученные ранее результаты [Макарьева и др., 2018; 2019] позволяют использовать модель «Гидрограф» в качестве адекватного инструмента для расчетов процессов формирования стока в исследуемом регионе, в том числе его максимальных характеристик. Для расчетов использована комплексная программа распределенной гидрологической модели «Гидрограф» [Свидетельство о регистрации … 2019].

Стандартная метеорологическая информация (12-часовые данные об осадках) не может быть использована для расчетов срочных расходов воды в тех регионах, где формирование максимальных расходов воды обусловлено ливнями высокой интенсивности. В связи с этим необходимо использование дополнительного источника данных. В настоящем исследовании используются данные модели WRF (Weather Research and Forecasting modeling system), разработанной Национальным центром атмосферных исследований США

для использования в научных исследованиях и выполнения оперативных прогнозов [Баранов и др., 2003; Быков и др., 2017].

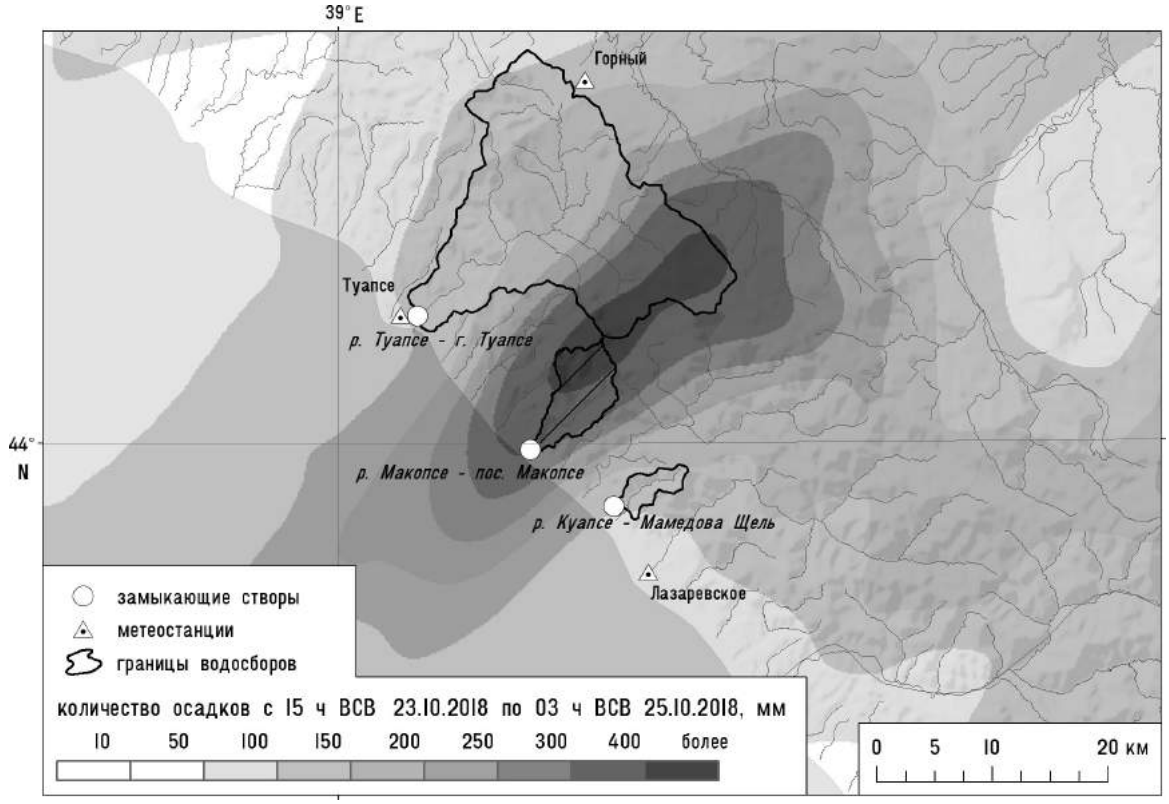


Рис. 1. Объекты исследования и сумма осадков, выпавших за 23–25 октября 2018 г. (по данным модели WRF)

Для моделирования катастрофического паводка в октябре 2018 г. были получены данные модели WRF (24–26 октября 2018 г.). Сумма осадков за период с 15 часов 23 октября до трех часов ночи 25 октября в некоторых точках превышала 400 мм (рис. 1) с интенсивностью более 60 мм/час с 9 до 10 утра 24 октября. Моделирование проводилось с расчетным шагом 1 час. Первые расчеты с использованием модели «Гидрограф» позволили оценить максимальный расход воды р. Макопсе величиной около 340 м^3/с (рис. 2). Примечательно, что на близлежащем водосборе р. Куапсе – Мамедова щель, где осадков выпало в 3–4 раза меньше, чем в бассейне р. Макопсе, рассчитанный максимальный часовой расход воды не превысил 22 м^3/с, а уровень воды по данным наблюдений «ИАЦ Регистра и кадастра» [http://gis.vodinfo.ru] был ниже критического на 30 см. Это говорит о локальности осадков в данном регионе.

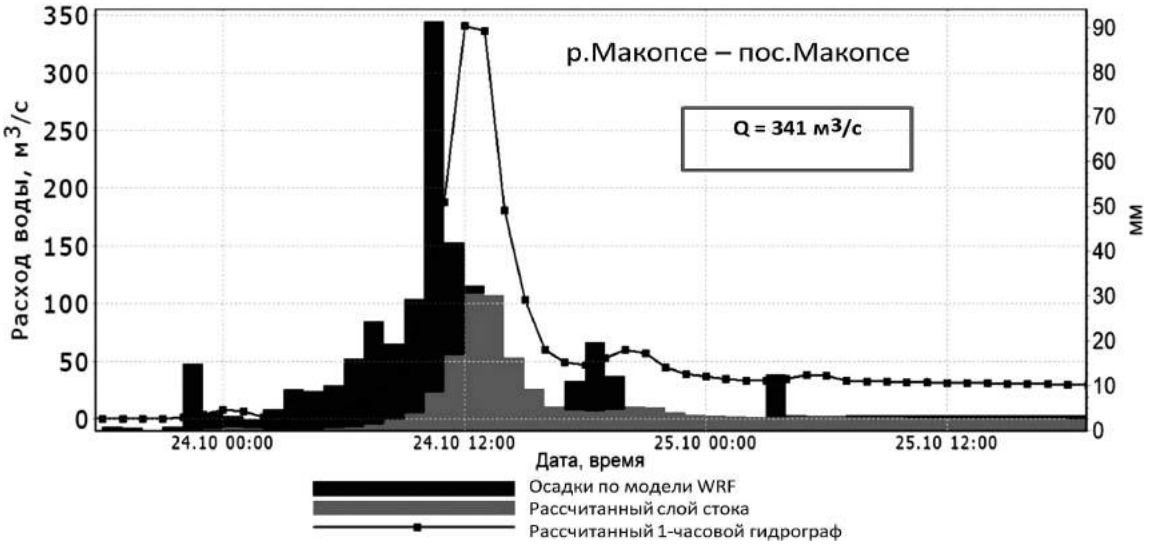


Рис. 2. Рассчитанная величина паводка 24–25 октября 2018 г.

В ходе исследования оценены основные параметры модели и проведена верификация на водосборах р. Туапсе – г. Туапсе и р. Куапсе – Мамедова щель при использовании исторических данных наблюдений. Результаты моделирования приняты удовлетворительными. Для оценки максимального расхода паводка 24 октября 2018 г. была применена детерминированная модель формирования стока «Гидрограф». В качестве входной метеорологической информации были использованы данные мезомасштабной климатической модели WRF. Максимальное рассчитанное значение расхода воды составило 340 м^3/с. Хотя результаты, полученные для р. Макопсе, могут быть верифицированы только на качественном уровне, в очередной раз подтверждена потенциальная возможность использования модели «Гидрограф» для расчетов и прогнозов опасных гидрологических явлений в регионе, в том числе на неизученных реках. Локальные системы прогноза могли бы быть запущены в крупных населенных пунктах Черноморского побережья Краснодарского края, регулярно страдающих от паводков. Небольшой объем финансирования, направленный на решение технических вопросов совмещения климатической и гидрологической моделей, запуска и верификации системы в автоматическом режиме, позволил бы значительно повысить качество прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-аналитический Центр регистра и кадастра, 2014 [Электронный ресурс]. URL: http://gis.vodinfo.ru (дата обращения 01.03.2019).
2. Барабанов В.С., Ефимов В.В., Шокуров М.В. Об использовании мезомасштабной модели для расчета полей приводного ветра и осадков над Черным морем. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2003. 2(7), 177–189.
3. Быков А.В., Калинин Н.А., Шихов А.Н. Прогноз опасных и неблагоприятных явлений погоды на Среднем Урале с применением мезомасштабной модели WRF // Современные проблемы географии и геологии к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Томск, 2017. С. 223–226.
4. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. М.: Академия, 2010.
5. Макарьева О.М., Виноградова Т.А., Нестерова Н.В., Виноградов А.Ю., Бельдиман И.Н., Колупаева А.Д. Моделирование катастрофических паводков в бассейне р. Туапсе. Гориск. 2018. Том XII. № 3. С. 78–89 [Электронный ресурс]. URL: http://geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-tom-xii-n-3–2018/
6. Макарьева О.М., Нестерова Н.В., Виноградова Т.А., Бельдиман И.Н., Колупаева А.Д. Расчет характеристик катастрофических паводков неизученной реки Цемес (г. Новороссийск, Черноморское побережье России) на основе гидрологической модели «Гидрограф» // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019 (принята к печати).
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619084 «Комплексная программа распределенной гидрологической модели “Гидрограф”», правообладатель О.М. Макарьева, дата регистрации 30.07.2018.
8. Meredith E.P., Semenov, V.A., Maraun D., Park W., Chernokulsky A.V. Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme. Nature Geosceince. 2015. 8. P. 615–620 [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.1038/NGEO2483.

РАЗРАБОТКА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ДАТЧИКА КИСЛОРОДА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Д.А. Светличный, П.С. Пляка, Ю.А. Саяпин
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
dmitryydas@gmail.com

Задача оперативного измерения концентрации растворенного кислорода в водоемах имеет приоритетное значение, поскольку это один из важнейших показателей качества воды. На современных рыбоводческих предприятиях ошибка в определении концентрации кислорода может привести к массовой гибели рыб и экономическому краху предприятия. Не так давно в подавляющем большинстве рыбоводных хозяйств измерение кислорода в воде проводилось точным, но трудоемким йодометрическим методом, требовавшим

хорошо оснащенной лаборатории и опытного персонала. Но в рыбхозе трудно организовать гидрохимическую лабораторию, отвечающую всем необходимым условиям, поэтому результаты анализов часто страдали низкой точностью. В частности, систематические ошибки возникали при отборе проб воды непосредственно в кислородные емкости, а именно такой способ отбора практиковался повсеместно в рыбхозах. При низком содержании кислорода вода очень быстро насыщается им во время контакта с воздухом, что и происходит при отборе пробы сразу в стеклянную емкость.

Существовали и другие проблемы: дефицит батометров для отбора проб с разных глубин, сложности с отбором проб зимой и пр. Все эти сложности привели к появлению специальных электронных устройств – оксиметров, причем импортные приборы из-за высокой цены занимают на рынке отнюдь не доминирующие позиции. В связи с этим возникла задача по разработке доступного отечественного прибора подобного класса. Использование датчика, основанного на эффекте гашения флуоресценции, выглядит наиболее перспективно ввиду его долговечности и возможности введения в конструкцию датчика автокалибровки [1].

Метод измерения концентрации за счет гашения флуоресценции основан на том, что при фотовозбуждении определенных химических соединений интенсивность их свечения оказывается обратно пропорциональной концентрации контактирующего с ними кислорода. Поэтому измеряя интенсивность свечения таких веществ фотодатчиком, можно с большой точностью оценивать концентрацию кислорода. Чаще всего в качестве подобных соединений используют комплексы порфиринов с Ru(II), Os(II), Rh(II), т.к. они имеют координирующие атомы азота, способные связывать атомы металлов (2). Однако порфириновые системы имеют ряд недостатков. Из-за чрезвычайно широкого спектра поглощения они склонны к фотодеградации. Кроме того, за счет низкой селективности требуется сложная химическая модификация порфиритового цикла, что значительно удорожает производство.

В качестве активного вещества для создания датчика нами был выбран комплекс Ru(II) с 4,7-дифенил-1,10-фенантролином (рис. 1) из-за его хорошей устойчивости к фотодеградации и достаточно высокой селективности к кислороду [3; 4].

Отсняты спектры поглощения и флуоресценции данного соединения (рис. 2). На спектрах хорошо видна большая ширина поглощения. Максимум поглощения приходится на 467 нм и позволяет использовать для возбуждения недорогой синий светодиод. Соединение интенсивно светит в красном диапазоне с максимумом при 592 нм, квантовый выход флуоресценции достигает 30 %. Для закрепления молекул комплекса на рабочей поверхности стекла была сформирована полимерная силиконовая пленка толщиной около 25 микрон.

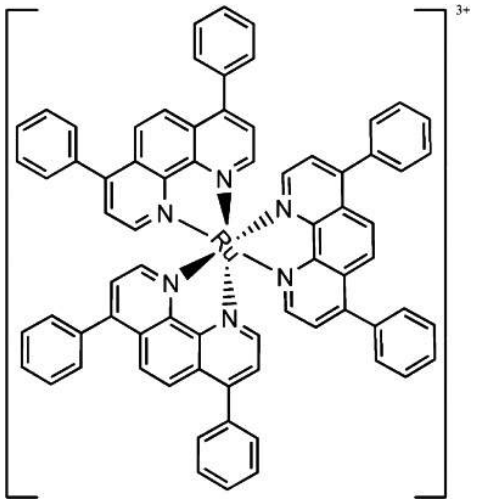


Рис. 1. Структура используемого комплекса $[Ru(Ph_2phen)_3](Cl0_4)_2$

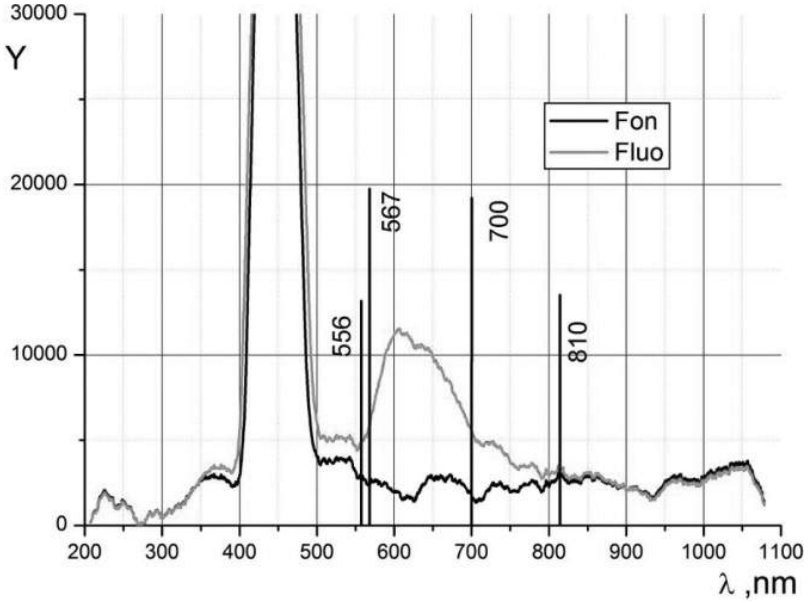


Рис. 2. Спектральные характеристики исследуемого металлокомплекса

Применялась полимеризация под давлением 10 кг/см^2, что давало однородную по толщине и физическим параметрам пленку. Далее в пленку внедряли молекулы комплекса рутения путем пропитывания в растворе хлористого метилена заданной концентрации и последующей сушке под вакуумом. Конечное покрытие имело вид тонкой желтой пленки (рис. 3) и было установлено в разработанную коллегами ячейку кислородного детектора (рис. 4).

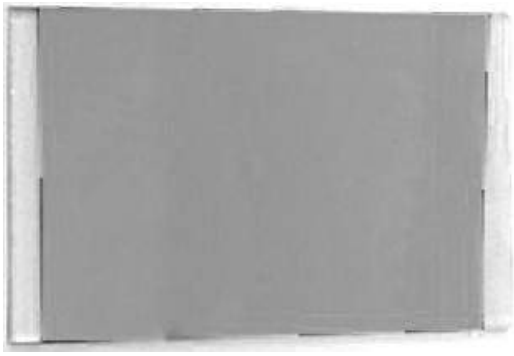


Рис. 3. Стекло с фоточувствительным покрытием

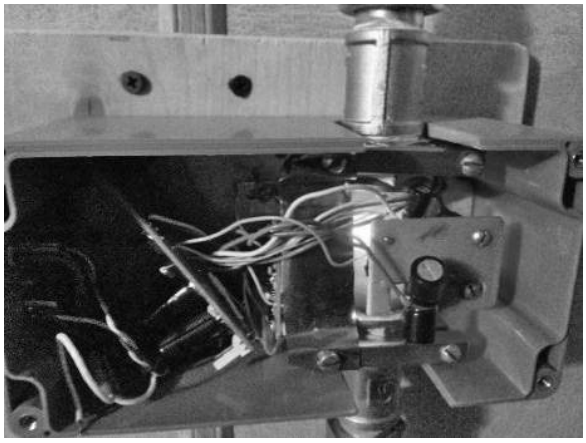


Рис. 4. Кислородная ячейка на основе разработанной пленки

В ходе калибровки и испытаний пленки показали хорошие результаты. Стабилизация показаний происходила очень хорошо, колебания были незначительны. Измеренная постоянная времени составила 2–3 мин., что видно на рисунках 5, 6. Линейность показаний соблюдалась.

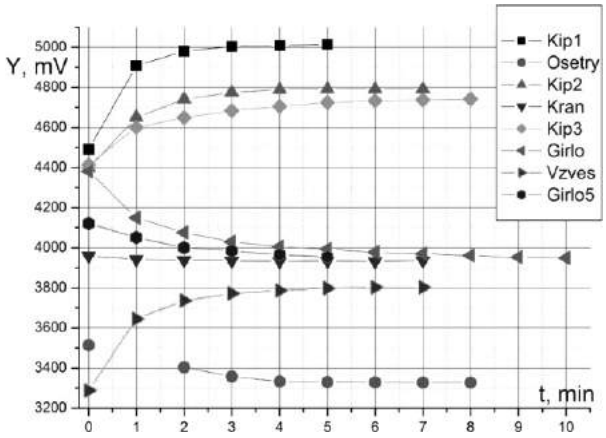


Рис. 5. Графики испытаний полученных образцов

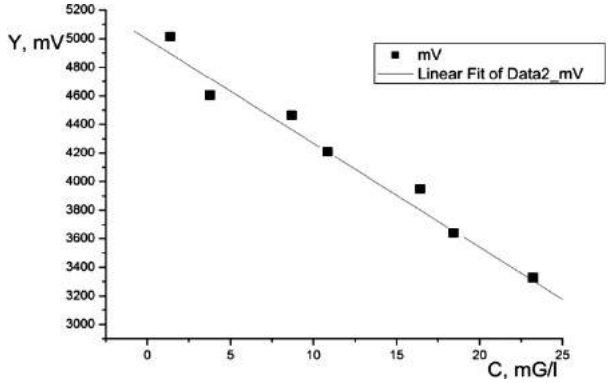


Рис. 6. Калибровочная кривая кислородной ячейки

Повторная калибровка прибора после испытаний в водоеме выявила практически полное отсутствие деградации сенсора, что в сочетании с простотой изготовления и высокой надежностью делает его перспективным и недорогим датчиком для современных отечественных оксиметров.

Результаты получены в рамках выполнения Госзадания ЮНЦ РАН № АААА-А19-119040390083-6 с использованием оборудования ЦКП ЮНЦ РАН № 501994 программы УМНИК-13808ГУ/2018 (ИДЕЛЬ-16).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрухин О.М., Максименко О.О. Сенсоры в аналитической химии // Российский химический журнал. 2008. Т. 52. № 4. С. 3–6.

2. Wang X., Chen H., Zhao Y., Chen X., Wang X. Optical oxygen sensors move towards colorimetric determination // Trends in Analytical Chemistry. 2010. V. 29. № 4. P. 319–338.

3. Chen X., Zhong Z., Li Z., Jiang Y., Wang X., Wong K.Y. Characterization of ormosil film for dissolved oxygen-sensing // Sensors and Actuators B: Chemical. 2002. V. 87. № 2. P. 233–238.

4. Xu H., Aylott J.W., Kopelman R., Miller T.J., Philbert M.A. A real-time radiometric method for the determination of molecular oxygen inside living cells using sol-gel-based spherical optical nanosensors with applications to rat C6 glioma // Anal. Chem. 2001. V. 73. № 17. P. 4124–4133.

РЕКА СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ: ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

К.Ю. Шаталова
Институт водных проблем РАН, г. Москва
k.shat@mail.ru

Река Северский Донец – правый приток реки Дон – является трансграничным водным объектом для России и Украины. Река берет свое начало на территории Белгородской области (Россия), где протяженность ее составляет около 100 км, а затем пересекает границу России и течет по Харьковской (375 км), Донецкой (96 км) и Луганской (252 км) областям Украины. В нижнем течении река вновь пересекает границу и впадает в Дон на территории Ростовской области России. Общая длина реки составляет 1053 км, в том числе в пределах России – 330 км, в пределах Украины – 723 км; площадь бассейна – 98,9 тыс. км^2, из которой 53 тыс. км^2 (54 %) находится на территории Украины. Многие левые притоки Северского Донца также берут начало в России, а впадают в него на Украине.

Основным источником питания р. Северский Донец являются талые снеговые воды, поэтому его водный режим характеризуется выраженным весенним половодьем и низкой меженью в остальное время года. Половодье обычно начинается в феврале и заканчивается в апреле, среднегодовой расход воды при впадении в Дон 200 м^3/с [Ресурсы … 1967, Ежегодные данные … 2008–2012].

В верхнем течении на реке расположены два водохранилища: Белгородское (Россия) и Печенежское (Украина). Для Украины (Харьковской, Луганской и Донецкой областей) водные объекты бассейна реки Северский Донец являются главным источником водоснабжения. Эти области относятся к маловодным регионам Украины. Одновременно это и густо населенные районы с развитыми водоемкими отраслями промышленности. Согласно «Общегосударственной программе развития водного хозяйства Украины» удельный показатель местных водных ресурсов составляет 0,32 тыс. м^3 на 1 жителя, что в 3 раза меньше, чем в среднем по Украине [Антоненко, 2012].

Водохозяйственная система бассейна отличается сложностью и многофункциональностью, включает крупные водохранилища, тракты территориального перераспределения водных ресурсов, мелкие водохранилища и пруды, протяженные водоводы для водоснабжения населения городов и предприятий, многочисленные водозаборы. Основные расход воды – на водоснабжение всех категорий (питьевое и хозяйственно-бытовое, сельскохозяйственное, промышленное, включая тепловые электростанции), орошаемое земледелие, прудовое рыбоводство, водный транспорт.

Для обеспечения водой населенных пунктов построен ряд водоводов и два крупных канала.

Канал Северский Донец – Донбасс построен в конце пятидесятых годов XX в., в 1979 г. реконструирован и расширен. Канал начинается от поселка Райгородок Славянского района (Россия) выше устья реки Казённый Торец и соединяет реку Северский Донец с истоком реки Кальмиус (Верхнекальмиуское водохранилище, Украина). Общая длина канала 133,4 км, но из них только 107 км представляют традиционный наземный канал. Остальная часть (26,4 км) – это трубные водоводы. В структуру канала входят 4 насосных станции, поднимающие воду канала на Донецкий кряж (около 200 метров), и пять резервных водохранилищ: Карловское, Волынцевское, Артёмовское, Горловское и Верхнекальмиуское – общим объемом 64 млн м^3, для обеспечения его бесперебойной работы [Жук, 1982]. Для поддержания работы канала в летнее время, когда сток в Северском Донце понижается, на притоке Северского Донца, реке Оскол, в 1957 г. было построено Червонооскольское водохранилище (Харьковская область), регулирующее поступление воды в Северский Донец в соответствии с требованиями водопотребителей канала.

Однако водохозяйственный баланс Северского Донца к этому времени был очень напряженным, и, чтобы обеспечить возможность бесперебойной подачи воды, в 1982 г. был введен в действие канал Днепр – Донбасс,

перебрасывающий воду из Днепра в Северский Донец. Канал начинается в Каменском (до 2017 г. Днепродзержинском) водохранилище на Днепре. Длина всего канала, значительный участок трассы которого пролегает на пойме р. Орель, составляет 263 км. Канал рассчитан на большой водоток до 120–125 м^3/сек., однако фактически использовался максимум на 30 % своих возможностей. В 1991 г. использование составило 41 м^3/сек., а в 2000 всего 10 м^3/сек., причем канал не эксплуатируется в зимнее время [Вишневский, Косовець, 2003].

В части территории бассейна Северского Донца, относящегося к Российской Федерации, водохозяйственный комплекс не менее развит и сложен.

С развитием водопотребляющего комплекса в бассейне Северского Донца, увеличением безвозвратного водопотребления, зарегулированием значительной части речного стока и загрязнением вод возникли противоречия между водопользователями.

После распада Советского Союза (1991 г.) бассейн Северского Донца стал трансграничным и процесс принятия решений по управлению и водными ресурсами бассейна усложнился. Для обеспечения интересов двух государств (России и Украины) потребовалась разработка основных принципов совместного управления использованием вод, содержания гидротехнических и водоохранных сооружений, выполнения восстановительных и природоохранных мероприятий, сохранения и восстановления биоресурсов, организации наблюдений за состоянием поверхностных вод, регулярного обмена информацией и прогнозами. При нормальных в то время взаимоотношениях России и Украины довольно быстро для урегулирования водных отношений на трансграничных реках бассейна 19 октября 1992 г. в Киеве было подписано Соглашение между Правительствами России и Украины о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов, которым определены основные принципы совместного использования вод, согласованности осуществления водохозяйственных мероприятий, организации наблюдений за состоянием поверхностных вод. Уполномоченным кабинета министров Украины по выполнению соглашения является Председатель Госводагентства Украины, Уполномоченным Правительства Российской Федерации – руководитель Федерального агентства водных ресурсов РФ. Для реализации межправительственного соглашения разработаны регламентирующие документы.

А в 2006 г. по решению уполномоченных, была введена в действие Система поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающая межгосударственный обмен информацией. Система позволяла гибко регулировать набор представляемой информации: сведения о режимах работы водохранилищ, в том числе малых приграничных; качественном состоянии водных ресурсов в пограничных створах; прогнозах развития половодья и ожидаемой водности в меженный период; о ходе выполнения водохозяйственных мероприятий, затрагивающих интересы сопредельной стороны [Калиманов, 2007]. Кроме того, в бассейне Северского Донца достаточно эффективно использовался европейский опыт совместного участия украинской и российской сторон в ряде международных проектов, которые реализовывались в 2003 и 2006–2007 гг. и стали основой для разработки методов управления трансграничными водными объектами [Демин, Шаталова, 2015].

Казалось бы, за годы действия Соглашения в бассейне р. Северский Донец России и Украине удалось накопить положительный опыт по обеспечению достаточного уровня открытости и согласованности действий по управлению водными ресурсами на трансграничных водных объектах, но все это реально действовало до 2014 г. Последнее заседание рабочей группы и экспертов в рамках выполнения Соглашения произошло в мае 2013 г. в г. Славянск (Украина), а планируемая 19-я встреча Уполномоченных Правительства России и Кабинета министров Украины уже не состоялась.

В 2014 г. резко обострились взаимоотношения России и Украины, а в самой Украине произошло самопровозглашение Донецкой и Луганской народных республик и военный конфликт. Чрезвычайно острая политическая ситуация сказалась и на сотрудничестве в водной области. Успешно налаженное взаимодействие было прекращено.

Сведения об использовании водных ресурсов бассейна Северский Донец на территориях, подкомандных Украине, очень скудные, а на территориях ДНР И ЛНР их нет совсем. По данным литературных источников [Северско-Донецкое бассейновое … 2019] можно сказать, что учитывается только часть ресурсов. Так, в 2011 г. в бассейне р. Северский Донец в пределах Украины сведения об использовании водных ресурсов в 2011 г. касались 2189 водопользователей, а в 2017 г. – 1233. Объем воды, забранной из природных источников, составил в 2011 г. 1448 млн м^3 (73 % из поверхностных водных объектов), а в 2017 г. – 975,3 млн м^3. Непосредственно из русла р. Северский Донец в 2017 г. осуществляли забор 30 водопользователей в объеме 712 млн м^3. Это сравнимо с цифрами, относящимися к предыдущему периоду: «Ежегодно из р. Северский Донец в пределах Харьковской, Донецкой и Луганской областей безвозвратно забирается более 700 млн м^3 воды, из которых, несмотря на незначительную протяженность реки в пределах Донецкой области (95 км), 70 % этого объема приходится на Донецкую область, что связано с межбассейновой переброской стока р. Северский Донец по каналу Северский Донец – Донбасс в бассейн Приазовья для водоснабжения насе-

ления и промышленности маловодных районов центральной и южной части области» [Антоненко, 2012]. В этом же докладе отмечались высокие (до 32 %) потери воды при транспортировке, с тех пор положение не улучшилось.

В 2011 г. сброс сточных вод в поверхностных водных объектах бассейна р. Северский Донец осуществляли 294 водопользователя (в объеме 673,7 млн м^3), а в 2017 г. – 173 (в объеме 412,6 млн м^3).

Экологические попуски в р. Северский Донец по каналу Днепр – Донбасс даже по ситуации 2012 г. проводились не каждый год, что связано с финансовыми затратами, необходимыми для наполнения Краснопавловского водохранилища, которое является наливным и его пополнение осуществляется за счет подачи днепровской воды [Антоненко, 2012], вероятно, и сейчас так же. Экологическое состояние поверхностных вод в створах вдоль водотока реки Северский Донец на основе интегрального показателя качества воды относятся преимущественно к III классу качества 4-й категории (удовлетворительные, умеренно загрязненные), II класс качества 3-й категории (хорошие, достаточно чистые) отмечается лишь в верховье в створах на границе Белгородской (Российская Федерация) и Харьковской областей (Украина) и в Печенежском водохранилище. Наименее загрязненными притоками являются реки Волчья и Оскол (Харьковская область), которые соответствуют II классу качества 3-й категории (мало загрязнены, достаточно чистые) [Северско-Донецкое бассейновое … 2019]. В 2018 г. для контроля качества воды установлены автоматизированные посты по руслу р. Северский Донец выше и в месте питьевого водозабора в канал Северский Донец – Донбасс. Данные доступны для просмотра в режиме онлайн на сайте соответствующего департамента Украины [Департамент екології … 2019].

Сведения о расходах воды реки Северский Донец также малочисленны. Из имеющихся данных наиболее интересны сведения о водности реки при пересечении ею границ, но тут есть информация только по верхнему створу р. Северский Донец, в/п Огурцово. Самый нижний створ на территории Украины – это в/п Лисичанск, расположенный в 430 км от устья, а ближайший створ на территории России – р. Северский Донец, Каменк-Шахтинский – в 196 км от устья. Таким образом, более 200 км течения реки на территории ДНР и ЛНР на охвачены наблюдениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья. Л.: Гидрометиздат, 1967. 492 с.

2. Ежегодные данные о ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн р. Дон. Том 1. Вып. 3. 2008–2012 гг.

3. Антоненко В.Е. Бассейновый принцип управления водными ресурсами в бассейне реки Северский Донец. Пути оптимизации управления водными ресурсами – доклад начальника Северско-Донецкого бассейнового управления водных ресурсов Госводагентства Украины // Международная конференция СВОВЕКЦА «Проблемы и прогресс в водном хозяйстве и мелиорации земель в странах ВЕКЦА» 7 ноября 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: https://docplayer.ru/41600026-Basseynovyy-princip-upravleniya-vodnymi-resursami-v-basseyne-reki-severskiy-donec-puti-optimizacii-upravleniya-vodnymi-resursami.html (дата обращения 31.01.2019).

4. Жук Г.П. Северский Донец – Донбасс. Донецк: Донбасс, 1982. 78 с.

5. Вишневский В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.

6. Калиманов Т.А. Управление водопользованием в условиях трансграничного речного бассейна (на примере бассейна р. Северский Донец): автореф. дис. … канд. техн. наук. Екатеринбург, 2007. 25 с.

7. Демин А.П., Шаталова К.Ю. Принципы и практика распределения водных ресурсов трансграничных рек России // География и природные ресурсы. 2015. № 1. С. 22–29.

8. Северско-Донецкое бассейновое управление водных ресурсов [Электронный ресурс]. URL: http://www.sdbuvr.slav.dn.ua (дата обращения 20.02.2019).

9. Департамент екології та природних ресурсів Донецької обласної державної адміністрації [Электронный ресурс]. URL: http://ecology.donoda.gov.ua/avtomatizovana-sistema-monitoringu-dovkillya-u-doneckij-oblasti/ (дата обращения 09.04.2019).

РАЗРАБОТКА ГИДРОФОНОВ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ БЕССВИНЦОВЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИК ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ

Ю.И. Юрасов[1, 2], А.В. Назаренко[1], Г.К. Тимошенко[1]
[1] Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
yucomp@ya.ru

Вопрос охраны окружающей среды и мониторинга опасных явлений в водоемах всегда был одним из главных в решении проблем экологического и социально-экономического развития регионов РФ. Речные экосистемы как фактор, влияющий на сохранность и стабильность природной системы, испытывают высокое техногенное воздействие. Их состояние и региональные особенности требуют тщательного изучения в условиях современного антропогенного воздействия [Брызгало и др., 2015]. Это также связано с тем, что водоемы рек являются «проводниками» из материков в моря и океаны и часто становятся местом строительства портов и крупных промышленных центров. Однако их использование затруднено большой изменчивостью морфологических, гидролого-экологических и гидрохимических характеристик (приливы, штормы, нагоны), из-за которых все связанные с реками экосистемы подвержены влиянию изменений режима речного стока и уровня моря, а также качества вод. Отдельного изучения требуют пожары, часто возникающие в дельтовых районах. Их негативные последствия влияют на биоту, почву и циклы круговорота углерода. Кроме того, на прибрежные сообщества растений и животных влияет гидрологический режим, который является неустойчивым из-за климатических изменений, происходящих в этих областях. Статистика показывает, что жертвами опасных явлений за прошедшие 20 лет стали более трех млн чел. во многих странах мира, а более 800 млн чел. пострадали [Шанина, 2014; Иванов и др., 2017; Матишов и др., 2017]. Специалисты заявляют, что между ростом среднемировой температуры и увеличением количества опасных гидрометеорологических явлений, судя по всему, существует взаимосвязь. Получение качественных оценок, используемых при планировании мероприятий по снижению риска подобных угроз, возможно только при анализе всех потенциальных природных опасностей с учетом возможных взаимодействий между ними [Кулыгин, 2017]. Риски, связанные с различными видами стихийных бедствий, такими как оползни, наводнения, землетрясения и т. д., обычно оцениваются с использованием процедур, специфичных для конкретного типа явления [Бабурин и др., 2015; Марченко, 2010], что приводит к невозможности сопоставления результатов оценки индивидуальных явлений. Кроме того, непосредственно сами события могут быть очень тесно связаны: иметь общую причину (например, наводнение и селевой поток могут быть вызваны экстремальным штормом), или один тип опасного явления может быть результатом другого (например, землетрясение может инициировать массивный оползень, так называемый каскадный эффект), или может произойти несколько независимых событий примерно в одно и то же время (например, ураган и землетрясение). Следует также учитывать, что при рассмотрении потенциальных потерь, связанных с различными видами опасностей и их взаимодействием, может возникнуть ситуация, когда итоговое значение ущерба гораздо больше, чем просто сумма потерь от отдельных явлений [Liu et al., 2015]. Поэтому изучение процессов, в том числе опасных явлений, происходящих на водоемах, важно не только для получения научных знаний, но и для оценки их возможных последствий на видовые разнообразия.

Выработка мер по оптимизации водно-солевого баланса, а также экологических условий сохранения и воспроизводства биоресурсов возможна при целевом создании программно-аппаратных комплексов мониторинга гидрологических режимов и климатических условий в прибрежных водах, а также в реках, озерах и бассейнах морей и океанов. Основой таких комплексов являются датчиковая аппаратура. Так как речь идет о близком контакте с природой, то очевидно, что любые сенсоры должны создаваться с использованием высокоэффективной экологически чистой керамики, не содержащей вредные вещества, такие как, например, свинец. В современном мире это достаточно трудно ввиду того, что полноценной замены свинецсодержащим компонентам датчиковой аппаратуры так и не найдено. Однако с каждым годом обнаруживается всё большее количество новых соединений, способных, по крайней мере, конкурировать в этой области. Больше всего преуспели ученые из трех стран: Японии (Патент 1, 2012), Кореи (Патент 2, 2015) и России (Патент 3, 2015). Учитывая обеспокоенность мирового сообщества ухудшением экологической обстановки, можно сказать, что в будущем бессвинцовые материалы будут основой абсолютного большинства активных элементов, использующихся в датчиковой аппаратуре. Поэтому необходимо определить современные требования и рабочие диапазоны к функциональным бессвинцовым пьезоэлектрическим материалам, которые

могут быть использованы в системах инструментального наблюдения за опасными процессами. Таким образом, эта работа находится на стыке различных наук: гидрологии, гидрохимии, приборостроения, пьезотехники, экологии и моделирования процессов формирования опасных явлений.

Изучать влияние водных процессов на экосистемы и биоту в дельтах рек можно как с помощью анализа окружающей среды посредством различных датчиков (датчики уровня, давления, сейсмодатчики и т. д.), так и с помощью акустических исследований. В настоящей работе пойдет речь о создании гидрофонов на основе бессвинцовой керамики.

Гидрофоны бывают с пьезоэлементами в виде шайбы (плоские гидрофоны), полого цилиндра и сферические. Гидрофоны с цилиндрическим чувствительным элементом (рис. 1) имеют круговую диаграмму направленности в поперечном оси направлении и широкий основной лепесток, перпендикулярный оси.

Обычно активные пьезоэлектрические элементы изготавливают из свинецсодержащей керамики, такой как, например, ЦТС-19 [Романенко, 1974] и ЦТСНВ-1 [Карташев, Куц, 2013]. Как отмечалось выше, на сегодняшний день существуют вполне рабочие бессвинцовые материалы [Патенты 1–3; Юрасов и др., 2017], которые можно было бы использовать вместо вредных компонентов, хотя полноценный их аналог еще не был синтезирован.

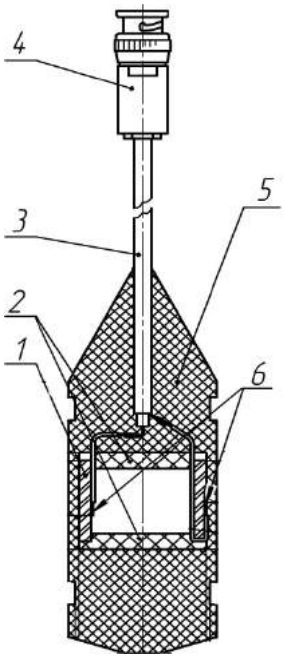


Рис. 1. Устройство гидрофона с цилиндрическим чувствительным элементом: 1 – пьезокерамика; 2 – демпферные крышки; 3 – водостойкий коаксиальный кабель; 4 – разъем для подключения; 5 – резиновый корпус; 6 – места для пайки проводов к металлизированным поверхностям пьезоэлемента

Таблица 1. Основные физические характеристики свинецсодержащих и бессвинцовых пьезоэлементов

$\varepsilon_{33}^{T}/\varepsilon_0$	$tg\delta$	d_{31}, пКл/н	d_{33}, пКл/н	$h_п$, мм	$\gamma^{\varepsilon}_{11лит}$, 10^{-11} Н/м^2	$C_{расч}$, пФ	Диаметр цилиндра D / d, мм	Толщина стенки t, мм	$\gamma_{расч}$, мкВ/Па	γ, мкВ/Па
ЦТСНВ-1										
2325	0,02	200	450	25	0,65	9140	35,7/29,9	29,9	181,5	187
ЦТС-19 [Панич и др., 2011]										
1650	0,030	155	365	25	0,63	6485	35,7/29,9	29,9	207	–
$[0{,}94(Na_{0,5}K_{0,5})(Nb_{0,84}Ta_{0,16})O_3 - 0{,}06LiTaO_3] + 0{,}01CdO$ [Вербенко и др., 2009]										
721	0,02	62,3	113	25	0,928	2834	35,7/29,9	29,9	149	–
$0{,}096(Na_{0,54}K_{0,46})(Nb_{0,9}Ta_{0,1}) - 0{,}04LiSbO_3$ [Вербенко и др., 2009]										
330	0,027	54	110	25	0,842	1297	35,7/29,9	29,9	314	–
$[0{,}96(Na_{0,54}K_{0,46})_{0,96}[(Nb_{0,9}Ta_{0,1})O_3 - LiSbO_3] + 0{,}014(SrO + TiO_2)$ [Вербенко и др., 2009]										
495	0,08	67,2	140	25	–	1945	35,7/29,9	29,9	266	–

Из таблицы 1 видно, что параметры имеющихся экологически чистых материалов в некоторых случаях значительно ниже свинецсодержащих аналогов, однако их возможности сопоставимы. При этом чувствительность гидрофонов также зависит от геометрических размеров пьезокерамики и вычисляется по следующей формуле:

$$\gamma = Dg_{31}\frac{\left(1+\frac{t}{D-t}\cdot\frac{d_{33}}{d_{31}}\right)}{2}, \quad (1)$$

где d_{31}, d_{33} – поперечный и продольный пьезомодули [пКл/Н], D – диаметр цилиндра [м], t – толщина стенок цилиндра [м], g_{31} – пьезочуствительность [(В·м)/Н].

В реальности значение пьезочувствительности часто отличается от приведенной величины (1). Это происходит из-за технологического разброса параметров материалов, а также их особенностей. Поэтому чувствительность обычно определяется экспериментально. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что изготовление новых гидрофонов вполне может быть реализовано при правильном подборе материалов и их размеров. Таким образом, данная работа является перспективной и требует дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-08-01724, и Госзадания Минобрнауки РФ, проекты № 3.6371.2017/8.9, 3.6439.2017/8.9, с использованием оборудования ЦКП «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твердых тел» НИИ физики ЮФУ и ЦКП ЮНЦ РАН № 501994, а также базовой части ГЗ ЮНЦ РАН, № госрег. проекта АААА-А19-119040390084-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабурин В.Л., Горячко М.Д. и др. Оценка социально-экономических рисков и ущербов от опасных гидрологических явлений (на примере Славянского района Краснодарского края) // Геориск. 2015. № 3. С. 45–53.

2. Брызгало В.А., Никаноров А.М. и др. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015.

3. Вербенко И.А., Разумовская О.Н. и др. Получение и диэлектрические свойства бессвинцовых керамик состава $[(Na_{0.5}K_{0.5})_{1-x}Li_x](Nb_{1-y-z}Ta_ySb_z)O_3$ // Неорганические материалы. 2009. 45: 762–768.

4. Иванов А.Н., Беляев Ю.Р. и др. Опасные природные процессы на острове Матуа (Центральные Курилы) // Геориск. 2017. № 4. С. 28–39.

5. Карташев Е.Н., Куц Д.А. Определение параметров гидроакустических пьезокерамических преобразователей путем численного моделирования // Навигация и управление движением: мат-лы XV конф. молод. уч. Спб., 2013. С. 160–165.

6. Кулыгин В.В. Методика оценки взаимовлияния совокупности опасных природных явлений // Геориск. 2017. № 2. С. 30–37.

7. Марченко П.Е. Геоинформационные основы определения интегральных синергетических показателей природно-техногенной опасности территориальных систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2010. № 3. С. 149–158.

8. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Яицкая Н.А. Природные катастрофы в Азово-Черноморском бассейне в начале XXI в. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017.

9. Панич А.А., Мараховский М.А. и др. Кристаллические и керамические пьезоэлектрики // Инженерный вестник Дона. 2011. 15(1). С. 53–64.

10. Патент 1 Lead-free piezoelectric ceramic composition, piezoelectric element comprising same, knock sensor, and process for production of lead-free piezoelectric ceramic composition // US2012146462 (A1) 2012-06-14.

11. Патент 2 Lead-free piezoelectric material for vehicle knock sensor, method for manufacturing same, and vehicle knock sensor comprising same // WO2015163685 (A1) 2015-10-29;

12. Патент 3 Датчик детонации / Юрасов Ю.И., Павленко А.В. и др. // Патент на полезную модель № 158291 от 27.12.2015. Бюл. № 36. по заявке №2015132986 от 06.08.2015.

13. Романенко Е.В. Физические основы биоакустики. М.: Наука, 1974. 178 с.

14. Шанина В.В. Обзоры опасных природных явлений // Геориск. 2014–2017 гг. № 1–4.

15. Юрасов Ю.И., Назаренко А.В. и др. Прогнозирование свойств бессвинцовых пьезокерамик и модификация конструкции вибродатчиков на основе свинецсодержащих композиций // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 4. С. 23–31.

16. Liu Z., Nadim F. et al. A three-level framework for multi-risk assessment // Georisk: assessment and management of risk for engineered systems and geohazards. 2015. Vol. 9. № 2. P. 59–74.

СОДЕРЖАНИЕ

Матишов Г.Г. Природные катастрофы и опасные явления в прибрежных зонах в Азово-Черноморском бассейне 5

Секция 1
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Алексютина Д.М., Огородов С.А. Моделирование динамики термоабразионных берегов Карского моря 7

Афанасьев В.В. Количественный анализ разрушения скалистых берегов холодных морей (применение и результаты) 10

Бабешко В.А., Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Евдокимова О.В., Телятников И.С., Федоренко А.Г., Шестопалов В.Л. О стартовых землетрясениях в прибрежной зоне 13

Бобыкина В.П., Чубаренко Б.В. Роль штормов в динамике берегов Юго-Восточной Балтики (на примере Куршской косы) 16

Булгаков Р.Ф. Изменения уровня моря в климатический оптимум голоцена как модель последствий возможного потепления климата (на примере Сахалина и Курильских островов) 18

Бухарицин П.И. Катастрофический штормовой нагон в северо-западной части Каспийского моря в 1952 г. 21

Вареник А.В., Коновалов С.К. Атмосферные осадки как фактор изменения концентрации биогенных элементов в поверхностном слое вод Севастопольской бухты 25

Вишневская И.А., Остроумова Л.П. Опасные (сгонно-нагонные) явления в устьевой области реки Дон 28

Вовченко Н.Г., Ефременко И.Н. Экологические угрозы операций с виртуальными активами 32

Вышкваркова Е.В. Наблюдаемые изменения экстремальных осадков в прибрежной части Черного и Азовского морей за период 1961–2018 гг. 34

Глазырин Е.А. К прогнозированию извержений грязевых вулканов и оценке опасности грязевулканической деятельности на Керченско-Таманском шельфе 37

Горюшина Е.М. Анализ системы прогнозирования социально-экономического ущерба от наводнений (академический опыт США) 39

Дианский Н.А., Фомин В.В. Оценка точности воспроизведения экстремальных нагонов в Азовском море в зависимости от типов атмосферного воздействия и пространственного разрешения морской модели 42

Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Плотников А.А., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Мониторинг, анализ и прогнозирование опасных атмосферных и морских явлений и катастроф на основе применения современных технологий 45

Евстигнеев В.П., Лемешко Н.А., Наумова В.А. Климатологическая характеристика значительных осадков в Крыму и статистический анализ их экстремумов 51

Инжебейкин Ю.И., Московец А.Ю. Формирование опасных течений в Азовском море 53

Иошпа А.Р., Стрюцкая А.О., Коротун В.А. Опасные явления погоды конвективного характера в районе Таганрога за 20 лет 57

Калмыкова О.В. Характеристики смерчевых облаков над Черным морем по спутниковым данным за период 2014–2016 гг. 58

Карпов М.И., Борчевкина О.П., Карпов И.В., Якимова Г.А., Коренькова Н.А. Мониторинг ионосферы во время метеорологических событий на побережье Балтийского моря в 2014–2018 гг. 62

Колупаева А.Д., Макарьева О.М., Нестерова Н.В. Моделирование катастрофического паводка на р. Адагум (г. Крымск) 6–7 июля 2012 г. 65

Кравцова А.Н., Гуда Л.В., Гуда А.А., Кубрин С.П., Мазурицкий М.И., Бадюков Д.Д., Тригуб А.Л., Солдатов А.В. Комплексная диагностика ряда тектитов, импактных стекол и метеоритов 67

Кривогуз Д.О. Промежуточные результаты статистического анализа факторов, влияющих на проявление склоновых процессов на Керченском полуострове 69

Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В., Герасюк В.С. Баланс растворенного кислорода в водах Таганрогского залива в начале XXI в. 72

Макаренко Е.Н., Тяглов С.Г. Экологические инициативы Ростовского государственного экономического университета (РИНХ) по реализации национального проекта «Экология» 77

Месропян К.Э. Расширение методологической базы эколого-экономического моделирования прибрежных районов 79

Овчаров А.С., Шестопалов В.Л. Возможности радарной интерферометрии для измерения деформаций земной коры в сейсмических районах Азово-Черноморского побережья России 80

Орехова Н.А., Коновалов С.К. Формирование структуры донных отложений морских прибрежных экосистем в условиях антропогенного воздействия 84

Петриченко С.А., Ераньков В.Г. Сравнительный анализ прогноза перемещения тропического циклона с помощью модели AHW с использованием процедуры внедрения первоначального вихря и без нее 86

Сазонов А.Д., Передера О.С. Увеличение объема отходов производства и потребления как фактор возникновения опасных явлений на территории России 89

Стреблянская Н.В., Тебуева Ф.Б. Метод математического моделирования природных чрезвычайных ситуаций с наблюдаемыми параметрами в виде временных рядов и нечетких множеств 91

Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Тиллаева З.У. Гидроэкологический мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударьи в пределах Узбекистана 94

Шеманин В.Г. Аэрозольный лидар для мониторинга аэрозольного загрязнения атмосферного пограничного слоя 97

Шестопалов В.Л., Глазырин Е.А., Фоменко В.А., Карцева М.В., Куликова В.А., Бородако А.М. Исследование сухумского роя землетрясений 2012 г. методами GPS-измерений 99

Яицкая Н.А. Штормовая активность как фактор интенсификации испарения с поверхности Каспийского моря 103

Бубер А.Л., Головинов Е.Э., Бубер А.А., Талызов А.А. Построение интегрированной цифровой модели рельефа для разработки гидродинамической модели Нижнего Дона и визуализации результатов расчетов с учетом влияния низконапорных гидроузлов и сгонно-нагонных явлений 106

Секция 2
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ, ПРИВОДЯЩИХ К СБОЮ РАДИОСВЯЗИ, ОШИБКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Афанасьев В.В. Защита морских берегов в высоких широтах 111

Шагимуратов И.И., Ефишов И.И., Тепеницина Н.Ю., Якимова Г.А., Филатов М.В. Риски сбоев и ошибок GPS/ГЛОНАСС навигационных измерений в Арктике, обусловленные авроральными возмущениями 114

Секция 3
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

Барыкина М.А., Ковальчук Ю.С. Анализ влияния солености на характер промысла проходных и полупроходных видов рыб в период с 2008 по 2018 г. в Азово-Донском бассейне 118

Гудимов А.В., Свитина В.С. Биоиндикация ранних климатических и антропогенных изменений на примере Кольского залива 120

Ионов В.В. О проявлениях потепления в поверхностном слое вод Южного океана 123

Клещенков А.В., Чикин А.Л., Чикина Л.Г., Сорокина В.В. Численное исследование процесса поступления твердого стока дона в Таганрогский залив 126

Секция 4
МОРСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ.
РИСКИ ОТ РАСТУЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

Гудимов А.В. Low и High Tech в морских эко- и биотехнологиях 130

Фирсова А.В. Криоконсервация репродуктивных клеток рыб как метод снижения антропогенной нагрузки на морские ресурсы 133

Секция 5
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Мартынов В.В., Никулина Т.В. Особенности распределения инвазивных насекомых в биоценозах Донбасса 135

Старцев А.В. Современное состояние инвазивных видов рыб в нижнем течении Дона и Таганрогском заливе 138

Степаньян О.В. Макрофитобентос южных морей России в концепции больших морских экосистем 141

Шубникова Е.А. Перфораторы гигантской устрицы Crassostrea gigas, выращиваемой в черноморских марихозяйствах 144

Секция 6
ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Абакумов О.Л. Использование скриптов в программных комплексах по расчету гидро- и литодинамики в прибрежной зоне морей 145

Агаркова-Лях И.В. Многолетняя динамика берегов Севастополя между м. Лукулл и м. Сарыч по материалам разновременных исследований 148

Баранская А.В. Разрушение льдистых берегов мелководных акваторий на примере залива Крузенштерна, Западный Ямал 151

Белова Н.Г., Огородов С.А., Шабанова Н.Н. Пространственно-временная изменчивость темпов отступания берегов Западного Ямала (по данным дистанционного зондирования) 151

Выхованец Г.В., Орган Л.В. Современная динамика берегов Жебриянской бухты как индикатор состояния береговой литодинамической системы между мысом Большой Фонтан и дельтой Дуная 154

Глинка В.В., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В. Исследование типов берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов 157

Давыдов А.В. Катастрофические синоптические колебания уровня моря в пределах мелководных заливов Чёрного и Азовского морей 158

Дробиз М.В., Чубаренко Б.В. Сравнение методов оценки положения линии берега на исторических картах для берегов Южной Балтики 161

Жиба Р.Ю., Дбар Р.С. Современная динамика береговой зоны Сухумского полуострова и бухты 164

Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. Современная динамика абразионного процесса побережья Таганрогского залива 165

Игнатов Е.И. Влияние антропогенного освоения прибрежных территорий на развитие опасных береговых процессов 168

Левицкий А.И. Внутренние дельты лагун с активно перемещающимися проливами 170

Левицкий А.И. Картометрические исследования берегов Сахалина 171

Мазнев С.В., Огородов С.А., Бухарицин П.И. Воздействия морских льдов на берега и дно Каспийского и Аральского морей 172

Макаров К.Н., Тлявлина Г.В., Тлявлин Р.М. Нормативное регулирование берегозащитных мероприятий в России 175

Марфин А.А., Клубнева О.В., Шендеров В.Н., Шестопалов В.Л. Мониторинг береговых процессов Азово-Черноморского побережья Российской Федерации с использованием GPS-технологий 177

Маслаков А.А. Современная динамика берегов Берингова и Чукотского морей 181

Миронюк С.Г., Касимова О.М. Применение данных дистанционного зондирования для оценочного районирования участков береговых примыканий трубопроводов по условиям строительства 183

Мисиров С.А., Беспалова Л.А., Хорошев О.А. Исследования береговых процессов Таганрогского залива с использованием беспилотных летательных аппаратов 185

Муркалов А.Б. Изучение динамики рельефа дна моря ГИС-методами 188

Огородов С.А. Опасные рельефообразующие процессы в береговой зоне морей Российской Арктики 190

Пелиновский Е.Н., Куркин А.А., Зайцев А.И. Воздействие опасных морских волн (цунами и волн-убийц) на берега и сооружения 193

Санин А.Ю. Геоморфологические неблагоприятные и опасные явления природы на прибрежных рекреационных территориях России 196

Селюженок В.В., Крумпен Т., Огородов С.А. Формирование стамух в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море 198

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В. К вопросу о моделировании экстремального волнения в Балтийском море 200

Уба А.В. Методика высокоточного определения скоростей разрушения скальных бенчей с использованием современной цифровой фотограмметрии 203

Уба А.В. Особенности георадиолокационного обследования морских побережий 204

Хаванский А.Д., Латун В.В., Меринова Ю.Ю., Хорошев О.А., Коновалов А.Н. Эколого-хозяйственная оценка и планирование устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря 205

Хаванский А.Д., Латун В.В., Хорошев О.А., Меринова Ю.Ю., Богачев И.В., Кравченко А.М. Антропогенная нагрузка и состояние окружающей среды в прибрежной зоне Азовского моря 208

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 211

Шабанова Н.Н., Огородов С.А. Варандей-2010 – сильнейший штормовой нагон за всю историю наблюдений: причины, характеристика и последствия 214

Шелушинин Ю.А., Петров В.А. Динамика пляжей участка Черноморского побережья России 1956–2018 гг. 217

Günther F., Kizyakov A.I., Zimin M.V., Sonyushkin A.V. Destruction of coasts with tabular ground ice occurrence on Kolguev Island, European Russian Arctic 221

Секция 7

ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Гамбарян Л.Р., Мамян А.С., Хачикян Т.Г., Гукасян Э.Х. Развитие видов-индикаторов фитопланктона в литорали озера Севан (Армения) и оценка современного статуса водоема 223

Карасёва А.Ю., Старцев А.В., Бутова В.А. Архитектоника чешуи понто-каспийских бычков 225

Красильникова А.А. Сохранение редких и исчезающих видов рыб в условиях климатических и антропогенных изменений 227

Малько С.В. Использование метода морфофизиологических индикаторов для оценки способностей к адаптациям у представителей родов Anas и Aythya в современных экологических условиях 230

Мишков Е.В., Побоженко В.В., Барзион А.В., Иошпа А.Р. Исследование температурных инверсий в пограничном слое атмосферы г. Туапсе 232

Пуговкин Д.В., Ильинский В.В. Культивируемые эпифитные бактерии водорослей *Saccharina latissima* Баренцева моря 234

Салугин А.Н. Динамическое моделирование водного баланса на водосборах р. Дон 237

Соколова Т.А. Строительство Крымского моста как фактор снижения биоразнообразия косы-острова Тузла 239

Сушко К.С., Ильина Л.П. Особенности развития деградационных процессов в ландшафтах дельты Дона 243

Шабас И.Н. Программный комплекс GFAM как инструмент прогнозирования изменений в состоянии экосистемы Азовского моря 247

Шевердяев И.В. Поступление тяжелых металлов во взвешенной и растворенной формах в дельту Дона при ветровых нагонах 249

Яковлев А.П. Работоспособность серых тюленей при экспозиции в электромагнитном поле с частотой 8 Гц. 251

Ясакова О.Н. Фитопланктон шельфовой зоны Чёрного моря (порт Сочи и мыс Видный) в июле 2012 г. 254

Asatryan V.L., Dallakyan M.R. The changes of ecological status of the Hrazdan river under the impact of Aghbyurak dam. 257

Свистунова Л.Д. Исследование зоопланктона Азовского моря в полноводный 2018 год в начале летнего периода. 260

Секция 8
ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

Дзюба Т.В., Кужлева М.Д. Пламегаситель – устройство для тушения возгораний. 264

Дзюба Т.В., Халиман М.В. Датчик газа на основе наноразмерных пленок 266

Украинский П.А. Ретроспективный анализ распространения осенних травяных палов в дельте Дона за период 1991–2001 гг. 267

Секция 9
МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Булышева Н.И., Варченко Е.А. Состав и количественные характеристики макрозообентоса на экспериментальных пластинах в дельте Дона 270

Дьяченко В.В., Шеманин В.Г. Лазерный мониторинг аэрозольного загрязнения атмосферного пограничного слоя 272

Каляев И.А., Мельник Э.В., Клименко А.Б. Система формирования обучающих выборок для идентификации контента с тематикой опасных явлений на основе сквозных технологий цифровой экономики 275

Капустян С.Г., Каляев И.А., Усачев Л.Ж. Применение групп беспилотных летательных аппаратов для решения задач мониторинга опасных процессов в прибрежной зоне 278

Кириллина О.К., Сушко Е.Д. Исследование загрязнения почвы в городе бытовым мусором 280

Когаленко А.В., Кокенко О.Н. Экологическая оценка морской воды и последствия ее влияния на живые организмы 282

Кокенко О.Н., Клименко О.В. Исследование информационного пространства социальных сетей в аспекте распространения информации о потенциально опасных явлениях 283

Кулыгин В.В. Риски опасных гидрологических явлений в устьевой области р. Дон 284

Мельник Э.В., Клименко А.Б. Архитектура системы мониторинга опасных явлений на основе анализа информационного пространства сети Интернет 287

Мельник Э.В., Орда-Жигулина М.В., Орда-Жигулина Д.В., Иванов Д.Я., Родина А.А. Применение технологий цифровой экономики при разработке средств мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры 289

Механцев Б.Е., Мельник Я.Э. Применение распределенных реестров при построении систем мониторинга . . . 292

Новикова А.В., Вергун А.П. Применение беспилотных летательных аппаратов при исследовании динамики арктических берегов (на примере Ямальского берега Байдарацкой губы Карского моря) 293

Сойер В.Г. Опыт ликвидации последствий и предупреждение катастроф 296

Тлявлина Г.В., Тлявлин Р.М. Проблемы мониторинга опасных процессов территории Имеретинской низменности 300

Трачук В.В. Комплексирование инженерно-геологических методов для мониторинга береговых процессов на территории г. Севастополя 303

Шуйский Ю.Д. Влияние портовых сооружений на современное состояние береговой зоны Чёрного моря 304

Гудимов А.В., Бурдыгин А.И., Комарова Е.П. Кто первым узнает об опасных изменениях водной среды? 307

Секция 10
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ ПРИ РАСТУЩЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

Архипова О.Е., Черногубова Е.А., Тарасова Т.Т. Социально-экономические и медико-экологические последствия от морских опасных явлений в прибрежной зоне Азовского моря 310

Патракеева О.Ю. Современные методы и подходы к оценке экономического ущерба от опасных природных явлений 314

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 316

Чуклина Э.Ю. Специфика преступности в условиях природных катастроф 320

Секция 11
ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РОССИИ

Авксентьев В.А. «Ставропольский потоп» и политические игры 322

Юрченко И.В. Социально-гуманитарные технологии противодействия угрозам политической дестабилизации в условиях опасных природных и техногенных явлений и процессов 325

Секция 12
ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

Бондарев В.А., Скорик А.П. Засуха 1934 г. на Кубани как пример ограниченности возможностей человека в борьбе с неблагоприятными явлениями природы 328

Ильюков Л.С. Природная катастрофа и гибель крито-микенской (эгейской) цивилизации 331

Кринко Е.Ф. Архивные документы о социальных последствиях опасных природных явлений в Приазовье, Причерноморье и Прикаспии: советский период 333

Мининков Н.А. Природные экстремальные и аномальные явления на Дону в популярной географической литературе и в сочинениях авторов (2-я пол. XIX – нач. XX в.) 335

Разиньков М.Е. Засухи в конце XIX – первой четверти XX в. и проблема обеспечения жизнестойкости населения (по материалам Причерноморья, Приазовья и Центрально-Черноземной области) 338

Толочко И.В., Польшин В.В., Московец А.Ю. Динамика систем расселения в дельте Дона в эпоху бронзы – раннего железа как маркер палеоландшафтов 340

Шульга М.М. Репрезентации природных катастроф в искусстве 343

Афанасенко В.И. Влияние аномальных природных факторов на результаты Сивашской наступательной операции в ноябре – декабре 1943 г. 345

Пащенко И.В. Нагонное наводнение 1969 г. в Приазовье: хронология, причины и последствия (по материалам региональных СМИ) 347

Секция 13
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Альбеков А.У., Пархоменко Т.В., Полуботко А.А. Генезис развития зеленой энергетики в РФ 351

Бутова В.В., Буланова Е.А., Поляков В.А., Солдатов А.В. Новые сорбенты для ликвидации последствий аварий на АЭС 353

Воскобойников Г.М., Макаров М.В., Малавенда С.В., Митяев М.В., Пуговкин Д.В., Рыжик И.В., Салахов Д.О. Роль морских водорослей-макрофитов в очистке прибрежных акваторий от нефтепродуктов 356

Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Композиты на основе эпоксидированных производных дифенилолметана 357

Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Григоренко Т.И. Динамические механические свойства эпоксидных композитов, наполненных молотым карбонатом кальция 360

Поляков В.А., Бутова В.В., Буланова Е.А., Ламберти К., Солдатов А.В. Новые материалы для устранения загрязнений, вызванных выбросами радиоактивного йода 363

Секция 14
ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

Болгов М.В., Филиппова И.А., Коробкина Е.А., Зайцева А.В., Харламов М.А. Водные ресурсы бассейна р. Дон в условиях климатических изменений 364

Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Долговременные фазы пониженной/повышенной водности Дона у станицы Раздорской 367

Герасюк В.С., Тимошенко Г.К., Поважный В.В., Пляка П.С., Юрасов Ю.И. Разработка портативного комплекса для определения концентрации хлорофилла-А 370

Демин А.П. Региональные водохозяйственные программы в бассейне р. Дон и их выполнение в современных условиях 373

Каипова Н.З., Трофимова О.А. Экологические проблемы прибрежных районов 375

Кузнецов Н.Г., Бондаренко В.А., Гузенко Н.В. Основные аспекты функционирования водохозяйственного комплекса 377

Макарьева О.М., Нестерова Н.В., Шихов А.Н., Виноградова Т.А. Оценка характеристик катастрофического паводка на р. Макопсе (Краснодарский край) 24–26 октября 2018 г. на основе комплексного гидрометеорологического моделирования 380

Светличный Д.А., Пляка П.С., Саяпин Ю.А. Разработка флуоресцентного датчика кислорода для современных приборов мониторинга параметров водной среды 382

Шаталова К.Ю. Река Северский Донец: опыт и проблемы трансграничного использования 385

Юрасов Ю.И., Назаренко А.В., Тимошенко Г.К. Разработка гидрофонов на основе экологически чистых бессвинцовых пьезокерамик для возможности мониторинга водоемов 388

TABLE OF CONTENTS

Matishov G.G. Natural disasters and hazardous phenomena in the coastal zones in the Sea of Azov – Black Sea basin 5

Chapter 1
ANALYSIS AND FORECAST OF HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA AND DISASTERS

Aleksyutina D.M., Ogorodov S.A. Modelling of thermal abrasion coastal dynamics in the Kara Sea 7

Afanas'ev V.V. Quantitative analysis of the destruction of the rocky coasts of cold seas (application and results) ... 10

Babeshko V.A., Babeshko O.M., Gorshkova E.M., Evdokimova O.V., Telyatnikov I.S., Fedorenko A.G., Shestopalov V.L. On starting earthquakes in coastal zone 13

Bobykina V.P., Chubarenko B.V. The role of storms in the coastal dynamics of the Southeastern Baltic (following the example of the Curonian Spit) 16

Bulgakov R.F. The sea level change at the Holocene climatic optimum as a model of consequent effects of the possible climate warming (following the examples of Sakhalin and the Kuril Islands) 18

Bukharitsin P.I. Catastrophic storm surge in the northwestern part of the Caspian Sea in 1952 21

Varenik A.V., Konovalov S.K. Atmospheric precipitation as a factor of changes in the biogenic elements' concentration in the surface layer of the Sevastopol Bay 25

Vishnevskaya I.A., Ostroumova L.P. Dangerous (surge) phenomena in the estuarine area of the Don River 28

Vovchenko N.G., Efremenko I.N. Environmental threats of virtual assets' operations 32

Vyshkvarkova E.V. Observed changes of extreme precipitation in the coastal part of the Black Sea and the Sea of Azov for the period of 1961–2018 34

Glazyrin E.A. On the prediction of eruptions of mud volcanoes and mud volcanic hazardous activities' assessment in the Kerch-Taman shelf areas 37

Goryushina E.M. Analysis of the prediction system for socio-economic damage from floods (US academic practices) 39

Diansky N.A., Fomin V.V. Assessment of the accuracy of reproduction of extreme surges in the Sea of Azov, depending on the types of atmospheric exposure and the spatial resolution of a marine model 42

Dolgikh G.I., Budrin S.S., Dolgikh S.G., Plotnikov A.A., Chupin V.A., Shvets V.A., Yakovenko S.V. Monitoring, analysis, and forecast of hazardous atmospheric and marine phenomena and disasters based on the use of modern technologies 45

Evstigneev V.P., Lemeshko N.A., Naumova V.A. Climatologic characteristics of significant precipitation in the Crimea and statistical estimation of its extremes 51

Inzhebeykin Yu.I., Moskovets A.Yu. Formation of dangerous currents in the Sea of Azov 53

Ioshpa A.R., Stryutskaya A.O., Korotun V.A. Dangerous weather phenomena of convective nature in the area of Taganrog for 20 years 57

Kalmykova O.V. Characteristics of the waterspout parent clouds formed over the Black Sea by satellite data for 2014–2016 58

Karpov M.I., Borchevkina O.P., Karpov I.V., Yakimova G.A., Koren'kova N.A. Monitoring of the ionosphere during meteorological events on and over the coast of the Baltic Sea in 2014–2018 62

Kolupaeva A.D., Makar'eva O.M., Nesterova N.V. Modelling of catastrophic flood in the Adagum River (the town of Krymsk) on the 6–7th of July 2012 65

Kravtsova A.N., Guda L.V., Guda A.A., Kubrin S.P., Mazuritsky M.I., Badyukov D.D., Trigub A.L., Soldatov A.V. Complex diagnostics of a series of tektites, impact glasses, and meteorites 67

Krivoguz D.O. Intermediate results of statistical analysis of factors influencing the distribution of landslides on the Kerch Peninsula 69

Kulygin V.V., Dashkevich L.V., Gerasyuk V.S. the balance of dissolved oxygen in the Taganrog Bay water in the early 21st century 72

Makarenko E.N., Tyaglov S.G. Rostov State University of Economics' environmental initiatives within the framework of the national project "Ecology" 77

Mesropyan K.E. Enlargement of the methodology base of ecological and economical modelling of coastal areas 79

Ovcharov A.S., Shestopalov V.L. Possibilities of radar interferometry for the measuring of the Earth's crust deformations in the seismic areas of the Azov-Black Sea coast of Russia 80

Orekhova N.A., Konovalov S.K. Formation of structure of bottom sediments of marine coastal ecosystems under the conditions of anthropogenic impact 84

Petrichenko S.A., Eran'kov V.G. Comparative analysis of forecasting the movement of a tropical cyclone using the AHW Model with and without the procedure of introduction of the initial vortex 86

Sazonov A.D., Peredera O.S. the increase in volumes of production wastes and consumption as a factor in the occurrence of dangerous phenomena on the territory of Russia 89

Streblyanskaya N.V., Tebueva F.B. the method of mathematical modelling of natural emergencies with observed parameters in the form of time series and fuzzy sets 91

Chembarisov E.I., Rakhimova M.N., Tillaeva Z.U. Hydroecological monitoring of the quality of river waters of the Amudarya River basin within Uzbekistan 94

Shemanin V.G. Aerosol lidar to monitor aerosol pollution of the atmospheric boundary layer 97

Shestopalov V.L., Glazyrin E.A., Fomenko V.A., Kartseva M.V., Kulikova V.A., Borodako A.M. Research on the Sukhumi earthquake swarm in 2012 by GPS-methods 99

Yaitskaya N.A. Storm activity as a factor of evaporation intensification from the Caspian Sea surface 103

Buber A.L., Golovinov E.E., Buber A.A., Talyzov A.A. Construction of an integrated digital model of the relief for the development of a hydrodynamic model of the Lower Don and visualization of calculation results considering the impact of low-pressure hydro-electric power developments and surges and tidal phenomena 106

Chapter 2
STUDY OF PROCESSES IN THE ATMOSPHERE, LEADING TO RADIO CONNECTION FAILURES, ERRORS WHEN USING THE NAVIGATION SYSTEMS

Afanasyev V.V. Protection of sea shores in high latitudes 111

Shagimuratov I.I., Efishov I.I., Tepenitsina N.Yu., Yakimova G.A., Filatov M.V. Risks of failures and errors in GPS/GLONASS navigation measurements in the Arctic caused by auroral disturbances 114

Chapter 3
ANOMALOUS CHANGES OF MARINE ENVIRONMENT UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND SEISMIC INSTABILITY, RUNOFF OF LARGE RIVERS AND LAKES INTO THE WORLD OCEAN CONSIDERING PALEOCLIMATE AND ECONOMIC ACTIVITIES IN THE BASINS OF THE SEAS OF RUSSIA

Barykina M.A., Koval'chuk Yu.S. Analysis of influence of salinity on the nature of anadromous and semi-anadromous fish species fishery over the 2008–2018 period within the Azov-Don basin 118

Gudimov A.V., Svitina V.S. Bioindication of early climatic and anthropogenic changes following the example of the Kola Bay 120

Ionov V.V. On the manifestations of warming in the surface waters of the Southern Ocean 123

Kleshchenkov A.V., Chikin A.L., Chikina L.G., Sorokina V.V. Numeric study of entry process of solid runoff of the Don to the Taganrog Bay 126

Chapter 4
MARINE BIOTECHNOLOGIES. RISKS OF GROWING ECONOMIC USAGE OF MARINE RESOURCES

Gudimov A.V. Low and High Tech in marine eco- and biotechnologies 130

Firsova A.V. Cryopreservation of reproductive cells of fishes as a method to decrease an anthropogenic load on marine resources 133

Chapter 5
BIOLOGICAL INVASIONS AS A GLOBAL ECOLOGICAL PROBLEM

Martynov V.V., Nikulina T.V. Specific features of distribution of invasive insects in the Donbass biocenoses 135

Startsev A.V. the current state of invasive fish species in the lower course of the Don and the Taganrog Bay..... 138
Stepanyan O.V. Macrophytobenthos of the southern seas of Russia in the concept of large marine ecosystems .. 141
Shubnikova E.A. Parasites ("gigas-perforators") of giant oyster Crassostrea gigas, cultivated in the Black Sea mariculture 144

Chapter 6
DANGEROUS COASTAL PROCESSES

Abakumov O.L. Using scripts in software complexes by calculating hydro- and lithodynamics in the coastal area of seas 145
Agarkova-Lyakh I.V. Long-term dynamics of the coasts between the Cape Lukull and the Cape Sarych according to different-time materials (Sevastopol, the Crimea)..... 148
Baranskaya A.V. Destruction of the icy shores of shallow water areas following the example of the Kruzenshtern Bay, West Yamal 151
Belova N.G., Ogorodov S.A., Shabanova N.N. Spatial-temporal variability of the rates of coastal retreat of West Yamal based on remote sensing data..... 151
Vykhovanets G.V., Organ L.V. Modern dynamics of coasts of the Zhebriyansky Bay as an indicator of conditions of a coastal litho-dynamic system between the Cape Bolshoi Fontan and the Danube Delta 154
Glinka V.V., Bespalova L.A., Ivliyeva O.V. Study of types of shores of the Tsimlyansk water storage reservoir using unmanned aerial vehicles..... 157
Davydov A.V. Catastrophic synoptic oscillations of the sea level within shallow bays of the Black Sea and the Sea of Azov 158
Drobiz M.V., Chubarenko B.V. Comparison of the methods for estimating the location of the coastline at historical maps for the Southern Baltic shore..... 161
Zhiba R.Yu., Dbar R.S. Current dynamics of the coastal zone of the Sukhum Peninsula and the Sukhum Bay..... 164
Ivliyeva O.V., Bespalova L.A., Tsygankova A.Ye. Contemporary dynamics of the abrasive process of the coast of the Taganrog Bay 165
Ignatov E.I. the impact of anthropogenic assimilation of coastal territories on the development of dangerous shore processes 168
Levitskiy A.I. Inner tidal deltas of lagoons with actively moving straits..... 170
Levitskiy A.I. Cartometric surveys of Sakhalin shores..... 171
Maznev S.V., Ogorodov S.A., Bukharitsin P.I. Sea ice effect on the coasts and bed of the Caspian and Aral Seas... 172
Makarov K.N., Tlyavlina G.V., Tlyavlin R.M. Standard regulation of coast protection measures in Russia 175
Marfin A.A., Klubneva O.V., Shenderov V.N., Shestopalov V.L. Monitoring of Azov-Black Sea coastal processes of the Russian Federation applying the GPS-technologies 177
Maslakov A.A. Contemporary coastal dynamics of the Bering and the Chukchi Seas..... 181
Mironyuk S.G., Kasimova O.M. the application of remote sensing data for the assessment of coastal zoning of pipeline abutments by construction conditions..... 183
Misirov S.A., Bespalova L.A., Khoroshev O.A. Investigations of coastal processes of the Taganrog Bay using unmanned aerial vehicles..... 185
Murkalov A.B. Study of relief's dynamics of the sea bottom by GIS-methods..... 188
Ogorodov S.A. Dangerous relief-forming processes in the coastal zone of the Russian Arctic seas..... 190
Pelinovskiy Ye.N., Kurkin A.A., Zaitsev A.I. Impact of dangerous sea waves (tsunami and freak-waves) on the coast and facilities..... 193
Sanin A.Yu. Geomorphological adverse and dangerous natural phenomena in the coastal recreational areas of Russia 196
Selyuzhenok V.V., Krumpen T., Ogorodov S.A. Formation of grounded sea ice accumulation features (stamukhas) in the Laptev and East Siberian Seas..... 198
Sokolov A.N., Chubarenko B.V. On the subject of modelling of extreme waves in the Baltic Sea 200
Uba A.V. Methods of high-precision determination of the destruction rates of rock benches using modern digital photogrammetry..... 203
Uba A.V. Specific features of GPR survey of sea coasts..... 204

Khavanskiy A.D., Latun V.V., Merinova Yu.Yu., Khoroshev O.A., Konovalov A.N. Environmental-economic assessment and planning of sustainable development of the coastal zone of the Sea of Azov 205

Khavanskiy A.D., Latun V.V., Khoroshev O.A., Merinova Yu.Yu., Bogachev I.V., Kravchenko A.M. Anthropogenic load and environmental state in the coastal zone of the Sea of Azov 208

Khoroshev O.A., Khavanskiy A.D., Latun V.V., Bespalova L.A. Identification of socio-economic objects subjected to the influence of dangerous abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Sea of Azov using GIS 211

Shabanova N.N., Ogorodov S.A. Varandey-2010 storm surge – the strongest surge over the observation history: origin, characteristics, and consequences 214

Shelushinin Yu.A., Petrov V.A. Dynamics of beaches of the Black Sea coast of Russia over the 1956–2018 period.. 217

Günther F., Kizyakov A.I., Zimin M.V., Sonyushkin A.V. Destruction of coasts with tabular ground ice occurrence on Kolguev Island, European Russian Arctic..... 221

Chapter 7
Ecosystems of the coasts under the conditions of climatic and anthropogenic changes

Gambaryan L.R., Mamyan A.S., Hachikyan T.G., Gukasyan E.H. Development of phytoplankton indicator species in the littoral zone of Lake Sevan (Armenia) and assessment of the current status of the reservoir. 223

Karaseva A.Yu., Startsev A.V., Butova V.A. Scales' architectonics of the Ponto-Caspian gobies..... 225

Krasilnikova A.A. Conservation of rare and endangered fish species in terms of climatic and anthropogenic changes 227

Mal'ko S.V. Using the method of morphophysiological indicators to assess the adaptation's ability of representatives of Anas and Aythya genes under the current ecological conditions..... 230

Mishkov E.V., Pobozhenko V.V., Barzion A.V., Ioshpa A.R. Research on temperature inversions in the atmospheric boundary layer of the city of Tuapse 232

Pugovkin D.V., Il'insky V.V. Cultivated epiphytic bacteria of the algae Saccharina latissima of the Barents Sea 234

Salugin A.N. Dynamic modelling of water balance covering the Don River water catchment basin 237

Sokolova T.A. Construction of the Crimean Bridge as a reduction factor of the biodiversity of the Tuzla Spit – island 239

Sushko K.S., Il'ina L.P. Specific features of development of degradation processes in the landscapes of the Don Delta..... 243

Shabas I.N. GFAM Program Complex as a tool for predicting changes in the state of the ecosystem of the Sea of Azov 247

Sheverdyaev I.V. Inflow of heavy metals in suspended and dissolved forms to the Don delta by wind surges 249

Yakovlev A.P. Workability of grey seals during exposure in an electromagnetic field with a frequency of 8 Hz 251

Yasakova O.N. Phytoplankton of shelf zone of the Black Sea (the port of Sochi and Cape Vidnyi) in July 2012..... 254

Asatryan V.L., Dallakyan M.R. the changes of ecological status of the Hrazdan River under the impact of Aghbyurak dam..... 257

Svistunova L.D. Study of the Sea of Azov zooplankton in the early summer period of a high water content year of 2018..... 260

Chapter 8
NATURAL AND TECHNOGENIC FIRES AND PROTECTION FROM THEM

Dzyuba T.V., Kuzhleva M.D. Flame suppressor: a fire fighting device 264

Dzyuba T.V., Khaliman M.V. Nanoscale film gas detector 266

Ukrainsky P.A. Retrospective analysis of distribution of autumn grass burns in the Don delta over the 1991–2001 period 267

Chapter 9
MONITORING OF HAZARDOUS PROCESSES AND ENSURING THE SAFETY OF POPULATION AND COASTAL INFRASTRUCTURE

Bulysheva N.I., Varchenko E.A. Taxonomic composition and quantitative characteristics of macrozoobenthos on the experimental plates in the delta of the Don River..... 270

D'yachenko V.V., Shemanin V.G. Laser monitoring of the atmospheric boundary layer aerosol pollution 272
Kalyaev I.A., Mel'nik E.V., Klimenko A.B. System of formation of training datasets for the identification of content focusing on hazardous events on the basis of digital economy technologies 275
Kapustian S.G., Kalyaev I.A., Usachev L.Zh. the use of unmanned aerial vehicle groups for solving the problems of monitoring of hazardous processes in the coastal zone 278
Kirillina O.K., Sushko E.D. Study of soil pollution with household wastes in the city 280
Kogalenko A.V., Kokenko O.N. Environmental assessment of sea water and consequences of its impact on living organisms 282
Kokenko O.N., Klimenko O.V. Study of the information space of social networks in the aspect of distribution of information about potentially hazardous phenomena 283
Kulygin V.V. Risks of hydrological hazards in the mouth area of the Don River 284
Mel'nik E.V., Klimenko A.B. Architecture of monitoring system of dangerous phenomena based on the analysis of the information space of the internet network 287
Mel'nik E.V., Orda-Zhigulina M.V., Orda-Zhigulina D.V., Ivanov D.Ya., Rodina A.A. Application of digital economy technologies when developing means for monitoring and forecasting of hazardous processes and ensuring the safety of the population and coastal infrastructure 289
Mekhantsev B.E., Mel'nik Ya.E. Application of distributed registries when constructing monitoring systems 292
Novikova A.V., Vergun A.P. Application of UAVs for the study of dynamics of the arctic coasts (the case of Yamal coast of the Baydaratskaya Bay of the Kara Sea) 293
Soier V.G. Practice of elimination of consequences and the prevention of disasters 296
Tlyavlina G.V., Tlyavlin R.M. Problems of monitoring of dangerous processes on the territory of the Imereti Lowlands 300
Trachuk V.V. Integration of geological and engineering methods for the monitoring of coastal processes on the territory of the city of Sevastopol 303
Shuisky Yu.D. Impact of port facilities on the current state of the Black Sea coastal zone 304
Gudimov A.V., Burdygin A.I., Komarova E.P. Who will be the first to learn about the hazardous changes of water environment? 307

Chapter 10
SOCIO-ECONOMIC AND MEDICAL-ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF MARINE HAZARDOUS PHENOMENA AND NATURAL DISASTERS IN THE COASTAL ZONES IN CASE OF INCREASING ECONOMIC EXPLOITATION OF MARINE RESOURCES

Arkhipova O.E., Chernogubova E.A., Tarasova T.T. Socio-economic and health-environmental effects from marine hazards in the coastal area of the Sea of Azov 310
Patrakeyeva O.Yu. Contemporary methods and approaches to the assessment of economic damage of natural hazards 314
Khoroshev O.A., Khavansky A.D., Tkachev R.A., Misirov S.A., Utkin V.A. Dynamics of demographic load on the environment in the coastal areas of the regions of the Southern Federal District of Russia 316
Chuklina E.Yu. Specifics of crimes during the natural disasters 320

Chapter 11
IMPACT OF MARINE HAZARDOUS PHENOMENA AND NATURAL DISASTERS ON POLITICAL PROCESSES IN RUSSIA

Avksentiev V.A. "Stavropol deluge" and political games 322
Yurchenko I.V. Socio-humanitarian technologies to counter the threats of political destabilization in the context of dangerous natural and man-made phenomena and processes 325

Chapter 12
HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA IN HISTORY AND CULTURE

Bondarev V.A., Skorik A.P. Drought of 1934 in the Kuban Region as an example of limited human capabilities in the fight against adverse phenomena of nature 328
Il'yukov L.S. Natural catastrophe and the death of Crito-Micenian (Aegean) civilization 331

Krinko E.F. Archival documents about the social consequences of dangerous natural phenomena in the Sea of Azov Region, the Black Sea Region, and the Caspian Sea Region: the Soviet period 333

Mininkov N.A. Natural extreme and anomalous phenomena in the Don Region in the popular geographical literature and in the writings of authors (2nd half of the 19th – beginning of the 20th centuries) 335

Razin'kov M.E. Droughts in the late 19th – first quarter of the 20th centuries and the problem of ensuring the resilience of the population (based on materials from the Black Sea, Sea of Azov and Central Black Earth Regions) 338

Tolochko I.V., Pol'shin V.V., Moskovets A.Yu. Dynamics of settlement systems in the Don River Delta Region during the Bronze Age and Early Iron Age as a marker of paleolandscapes 340

Shul'ga M.M. Representations of natural catastrophes in art 343

Afansenko V.I. the influence of anomalous natural factors on the results of the Sivash Offensive in November – December 1943 345

Pashchenko I.V. Storm flood of 1969 in the Sea of Azov Region: chronology, causes, and effects (by materials of regional mass media) 347

Chapter 13
NEW MATERIALS: SYNTHESIS, PROPERTIES, TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, ECO-FRIENDLINESS AND SUSTAINABILITY, AND APPLICATION PROSPECTS WHEN ELIMINATING THE CONSEQUENCES OF HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA AND DISASTERS

Al'bekov A.U., Parkhomenko T.V., Polubotko A.A. Green energy development in Russia 351

Butova V.V., Bulanova E.A., Polyakov V.A., Soldatov A.V. New sorbents for eliminating the consequences of accidents at nuclear power plants 353

Voskoboynikov G.M., Makarov M.V., Malavenda S.V., Mityaev M.V., Pugovkin D.V., Ryzhik I.V., Salakhov D.O. Role of sea algae-macrophytes in cleaning the coastal waters of oil products 356

Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V. Composites based on epoxidized derivatives of diphenylol methane 357

Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V., Grigorenko T.I. Dynamic mechanical properties of epoxy composites filled with powdered calcium carbonate 360

Polyakov V.A., Butova V.V., Bulanova E.A., Lamberti K., Soldatov A.V. New materials to eliminate contamination caused by emissions of radioactive iodine 363

Chapter 14
WATER AND WATER ECONOMICAL PROBLEMS OF COASTAL REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Bolgov M.V., Filippova I.A., Korobkina E.A., Zaytseva A.V., Kharlamov M.A. Water resources of the Don River basin under climate change conditions 364

Georgiadi A.G., Kashutina E.A. Long-term decreased/increased water content phases of the Don River at Razdorskaya 367

Gerasyuk V.S., Timoshenko G.K., Povazhnyi V.V., Plyaka P.S., Yurasov Yu.I. Development of a portable system for determining the concentration of chlorophyll-a 370

Demin A.P. Regional water economical programmes in the Don River basin and their implementation in modern conditions 373

Kaipova N.Z., Trofimova O.A. Environmental problems of coastal areas 375

Kuznetsov N.G., Bondarenko V.A., Guzenko N.V. Water management complex' main aspects 377

Makarieva O.M., Nesterova N.V., Shikhov A.N., Vinogradova T.A. Assessment of catastrophic flood characteristics in the Makopse River (the Krasnodar Region) on the 24–26th of October 2018 using complex hydrometeorological modelling 380

Svetlichnyi D.A., Plyaka P.S., Sayapin Yu.A. Developing a fluorescent oxygen sensor for modern devices to monitor the parameters of aquatic environment 382

Shatalova K.Yu. Seversky Donets River: practices and problems of transboundary exploitation 385

Yurasov Yu.I., Nazarenko A.V., Timoshenko G.K. Development of hydrophones based on environmentally friendly lead-free piezoceramics for the monitoring of water bodies 388

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»)

Материалы
Международной научной конференции
(г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.)

Заведующая редакцией Е.Э. Кириллова
Техническая редакция: А.С. Бабаева,
С.А. Шестак,
А.А. Яковлева
Перевод Р.Г. Михалюк
Верстка И.В. Кубеш
Дизайн обложки А.В. Коржов

Подписано в печать 06.06.2019. Формат 62 × 94 1/8
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 54,50
Тираж 300 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. (863) 263-57-66
E-mail: dsmgroup@mail.ru